

## **Configuración del servicio de tvip sobre simulador grafico gns3**

Víctor Manuel Delgado Ramirez

Roger Erardo Aguirre Rodríguez

Nelson David Caro Naranjo

Carlos Antonio Jiménez cardona

Olga lucia Suarez valencia

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías

Diplomado de Profundización en Redes de Nueva Generación

Colombia

2022

### **Configuración del servicio de tvip sobre simulador grafico gns3**

Víctor Manuel Delgado Ramirez

Roger Erardo Aguirre Rodríguez

Nelson David Caro Naranjo

Carlos Antonio Jiménez cardona

Olga lucia Suarez valencia

Diplomado de profundización en redes de nueva generación

Director:

Omar Albeiro Trejo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías

Diplomado de Profundización en Redes de Nueva Generación

Colombia

2022

## **Agradecimientos**

Primero que todo agradecemos a Dios por permitirnos compartir y adquirir nuevos conocimientos, en segundo lugar, a nuestras familias por el apoyo incondicional brindado hasta este momento, y por supuesto a nuestra Unad, ya que sin nuestra amada universidad no fuese sido posible la culminación de este proceso de aprendizaje y de esta manera contribuir al desarrollo integral de cada uno de nosotros y futura vinculación al mundo laboral.

Gracias

## Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad describir la implementación de un sistema IPTV con protocolo Multicast, basados en un escenario planteado de una entidad educativa a nivel nacional, cuya sede principal se encuentra en la ciudad de Bogotá, está a su vez esta interconectada con unas subsedes en las ciudades de Medellín y Barranquilla, las cuales requiere de un sistema avanzado de datos que soporte una infraestructura de red de nueva generación tipo NGN. Se hace mención de cada uno de los pasos, requerimientos, comandos y conceptos involucrados para el desarrollo y configuración del servicio IPTV sobre una red MPLS; de igual manera, se describen los pasos para definir un plan QoS con los respectivos anchos de banda correspondientes, que permitan su aplicación, apoyados en máquinas virtuales que permiten la simulación y verificación del funcionamiento correcto del sistema en cada una de las sedes en tiempo real, garantizando la viabilidad de la implementación del sistema IPTV.

**Palabras clave:** Direccionamiento IP, Redes LAN, WAN, GNS3, protocolo OSPF, Multicast, QoS, IPTV, trafico, ancho de banda, RTP, (S, G), (\*, G).

## Abstract

The purpose of this paper is to describe the implementation of an IPTV system with Multicast protocol, based on a scenario of an educational entity at the national level, whose main office is located in the city of Bogotá, Colombia. At the same time, it is interconnected with sub-offices in the cities of Medellín and Barranquilla which require an advanced data system that supports a new generation network infrastructure type NGN. Mention is made of each one of the steps, requirements, commands, and concepts involved in the development and configuration of the IPTV service over an MPLS network. In the same way, the steps are described to define a QoS plan with the respective corresponding bandwidths that will allow its application, supported by virtual machines that allow the simulation and verification of the correct operation of the system in each of the venues in real-time, guaranteeing the viability of the implementación of the IPTV system.

**Keywords:** IP addressing, LAN networks, WAN, GNS3, OSPF protocol, Multicast, QoS, IPTV, traffic, bandwidth, RTP, (S, G), (\*, G).

## Tabla de Contenido

Agradecimientos .....	3
Resumen.....	4
Abstract .....	5
Introducción .....	11
Justificación .....	13
Objetivos.....	14
Objetivo general:.....	14
Objetivos específicos: .....	14
Calidad de Servicio (QoS) .....	15
Policing and Shaping .....	16
Plan de QoS.....	17
Implemente IPTV Multicast .....	19
IPTV (Internet Protocol Televisión) y Multicast .....	20
Configuración del servicio IPTV .....	20
Implementación de protocolo de enrutamiento OSPF .....	26
Configuración para MPLS .....	28
Implementación protocolo Multicast .....	51
Implementacion IP sparse Mode.....	53
Configuración software VLC.....	57
Conclusiones .....	65
Referencias Bibliográficas .....	67

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> Tabla de Direccionamiento .....	22
--	----

## Lista de Ilustraciones

<b>Ilustración 1</b> Diagrama de bloques: Classification y Marking .....	15
<b>Ilustración 2</b> Diagrama de bloques: Policing and Shaping.....	16
<b>Ilustración 3</b> Topología de RED.....	21
<b>Ilustración 4</b> Configuración IP PC1 .....	24
<b>Ilustración 5</b> Configuración IP Router .....	25
<b>Ilustración 6</b> Configuración OSPF y enrutamiento .....	26
<b>Ilustración 7</b> Verificación conexión .....	27
<b>Ilustración 8</b> Verificación MPLS e IP Cef .....	28
<b>Ilustración 9</b> Habilitación MPLS e IP CEF.....	29
<b>Ilustración 10</b> Habilitación protocolo LDP .....	30
<b>Ilustración 11</b> Comando sh ip route .....	31
<b>Ilustración 12</b> Verificación loopback .....	32
<b>Ilustración 13</b> Verificación comando sh mpls ldp neigh.....	33
<b>Ilustración 14</b> Verificación tabla LIB.....	34
<b>Ilustración 15</b> Verificación tabla LIB.....	35
<b>Ilustración 16</b> Ping Barranquilla.....	36
<b>Ilustración 17</b> Ping Bogota-Medellín .....	37
<b>Ilustración 18</b> Verificación comando show IP Route.....	38
<b>Ilustración 19</b> Verificación comando show mpls interfaces .....	39
<b>Ilustración 20</b> Comando show mpls .....	40
<b>Ilustración 21</b> Comando show mpls ldp Discovery.....	41



<b>Ilustración 22</b>	Verificación comando show mpls ldp neighbor.....	42
<b>Ilustración 23</b>	Verificación comando show mpls forwarding-table .....	43
<b>Ilustración 24</b>	VMware Workstation.....	44
<b>Ilustración 25</b>	Configuración máquinas virtuales.....	45
<b>Ilustración 26</b>	Configuración GNS3 VM preferentes.....	46
<b>Ilustración 27</b>	Agregar Máquinas virtuales para GNS3 .....	47
<b>Ilustración 28</b>	Topología completa.....	48
<b>Ilustración 29</b>	Topología con dispositivos encendidos.....	49
<b>Ilustración 30</b>	VMware Workstation.....	50
<b>Ilustración 31</b>	Implementación Multicast y Asignación RP.....	52
<b>Ilustración 32</b>	Habilitación protocolo PIM-SM.....	53
<b>Ilustración 33</b>	Habilitación PIM-SM.....	54
<b>Ilustración 34</b>	Habilitación PIM-SM.....	55
<b>Ilustración 35</b>	Verificación Comando show ip route.....	56
<b>Ilustración 36</b>	Configuración Emisor .....	57
<b>Ilustración 37</b>	Selección archivo multimedia .....	58
<b>Ilustración 38</b>	Paso configuración VLC .....	58
<b>Ilustración 39</b>	Configuración de RTP.....	59
<b>Ilustración 40</b>	Direccionamiento .....	60
<b>Ilustración 41</b>	Habilitación transcodificación.....	60
<b>Ilustración 42</b>	Configuración VLC.....	61
<b>Ilustración 43</b>	VLC reproducción Emisor .....	62
<b>Ilustración 44</b>	Configuración cliente VLC .....	63

<b>Ilustración 45</b> Configuración cliente .....	64
<b>Ilustración 46</b> Cliente VLC recibiendo multimedia .....	64

## Introducción

El ser humano se ha caracterizado por ser una especie curiosa que siempre ha buscado la forma de mejorar su entorno, amenizar su paso por la vida y así agilizar cada uno de los procesos que implican el diario vivir. Como consecuencia, a través de los tiempos ha logrado trascender y evolucionar por medio de las revoluciones; un ejemplo claro, es la revolución industrial que brindó la oportunidad de dar un paso agigantado en procesos claves para un mundo moderno, desde la producción a nivel industrializado, hasta la forma de transporte y movilización, entre muchas otras.

En la actualidad se ha dado otro paso importante en la implementación de la revolución digital y el internet de las cosas, lo cual le ha permitido al hombre tener un control más eficiente sobre los procesos, tener información de primera mano y poder tomar decisiones o realizar cambios en tiempo real cuando se requieren.

Otra de las grandes ventajas de las nuevas tecnologías es que un gran porcentaje de la población mundial podrá acceder a servicios que anteriormente desconocía o que simplemente en función de las distancias entre ciudades o pueblos era poco posible tener cobertura.

Las redes de NGN han cambiado la forma de ver el mundo, han permitido la interacción entre los hombres y las máquinas, generando que el planeta sea más amigable, seguro, tranquilo para el ser humano y el medio ambiente. Se debe siempre pensar en construir, avanzar y progresar en conjunto con la naturaleza.

La evolución del ser humano siempre estará ligada a las tecnologías, a esa búsqueda insaciable de mejorar y avanzar día a día. En el trabajo podremos poner en práctica cada uno de

los objetivos de aprendizaje trazados a lo largo de nuestro curso y así comprenderemos el funcionamiento de las cosas y la gran importancia que ha tenido en la evolución del ser humano.

## **Justificación**

El desarrollo del sistema para la transmisión de datos que se presenta a continuación fue realizado por un grupo de estudiantes con el fin de dar solución a un problema planteado, el cual permitirá transferir contenidos multimedia entre distintas sedes de una institución educativa.

Con el desarrollo de un sistema Iptv para la transferencia de datos entre los diferentes centros educativos, se logra el intercambio de información en sus diversas formas y etapas, dicha transferencia de datos se realiza en tiempo real, donde se logra transmitir una serie de contenidos multimedia en diferentes niveles de comunicación, esto permitirá interconectar una gran cantidad de público en simultaneo y en diferentes escenarios de las sedes educativas.

Las revoluciones industriales han estado marcadas por la búsqueda de una mejor adaptación del ser humano en el entorno donde convive, uno de los pilares actuales de dichos cambios son el Internet de las cosas o el (IoT), donde las redes de nueva generación han logrado cambiar la noción del ser humano hacia las tecnologías, ya que estas logran impactar de manera positiva la comunicación e interacción entre ellos mismos y los diferentes contextos de su entorno.

## Objetivos

### Objetivo general:

Desarrollar de forma funcional la configuración del servicio TVIP sobre el emulador de red GNS3 y el uso de máquinas virtuales; permitiendo, además, realizar la respectiva simulación para tener un panorama claro de la viabilidad de la implementación del sistema en las respectivas sedes de la institución educativa.

### Objetivos específicos:

Identificar las capas y funciones de un modelo de red, a través de la investigación de los conceptos vigentes, los cuales son la base dentro de una arquitectura de red.

Identificar los protocolos y funciones de la capa de red, mediante el uso de los principios de direccionamiento IP, enmarcados dentro de los estándares.

Reconocer las capas, protocolos, funciones y ventajas de una arquitectura NGN utilizada en la interconexión de redes, mediante la comparación con las redes tradicionales y el uso de protocolos involucrados.

Identificar los protocolos de IoT (Internet Of Things), mediante la investigación de los conceptos vigentes que responden a los estándares actuales.

Diseñar y Configurar servicios multimedia para un escenario de NGN a nivel de simulación, aplicando los conceptos de arquitectura funcional y definiendo políticas de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service).

## Calidad de Servicio (QoS)

Seleccionar dos mecanismos de QoS y describir el proceso que realiza cada uno mediante un diagrama de bloques.

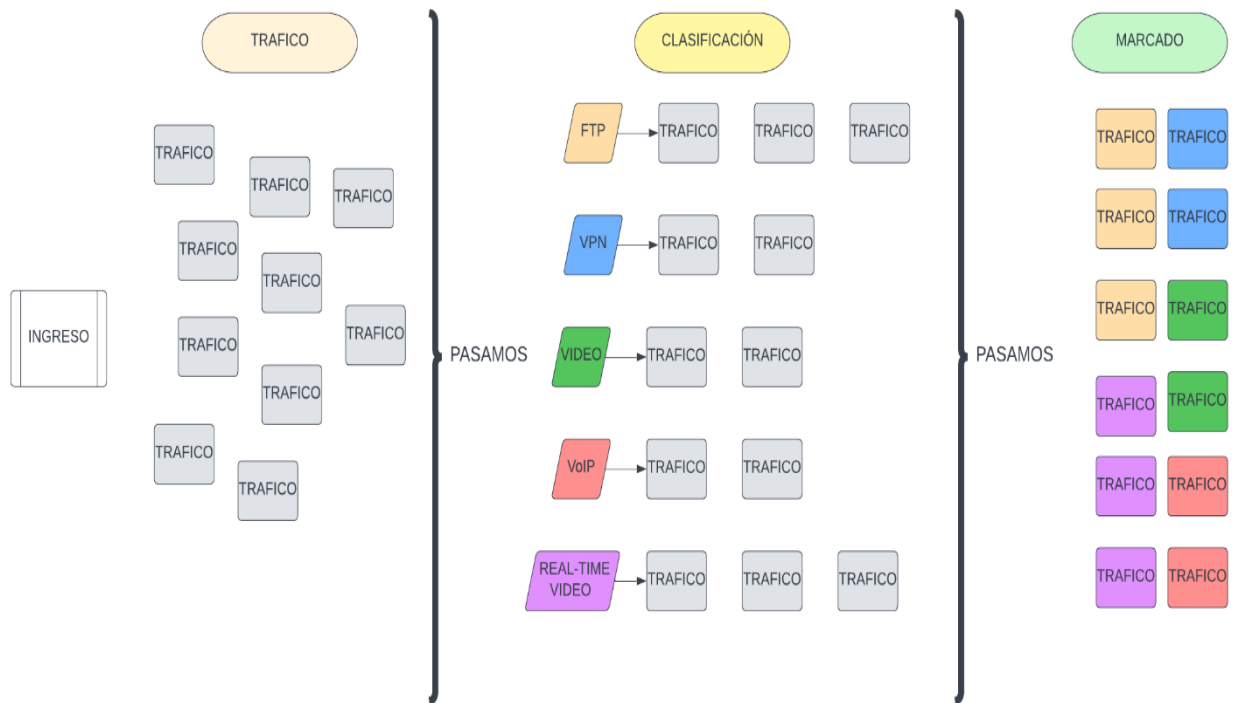
Los Mecanismos de QoS escogidos son:

Classification y Marking

Con esta identificación se clasifican los tipos de tráfico y luego se marcan de forma entendible por la red. Este proceso se denomina básicamente "Clasificación y marcado de QoS".

### Ilustración 1

*Diagrama de bloques: Classification y Marking*



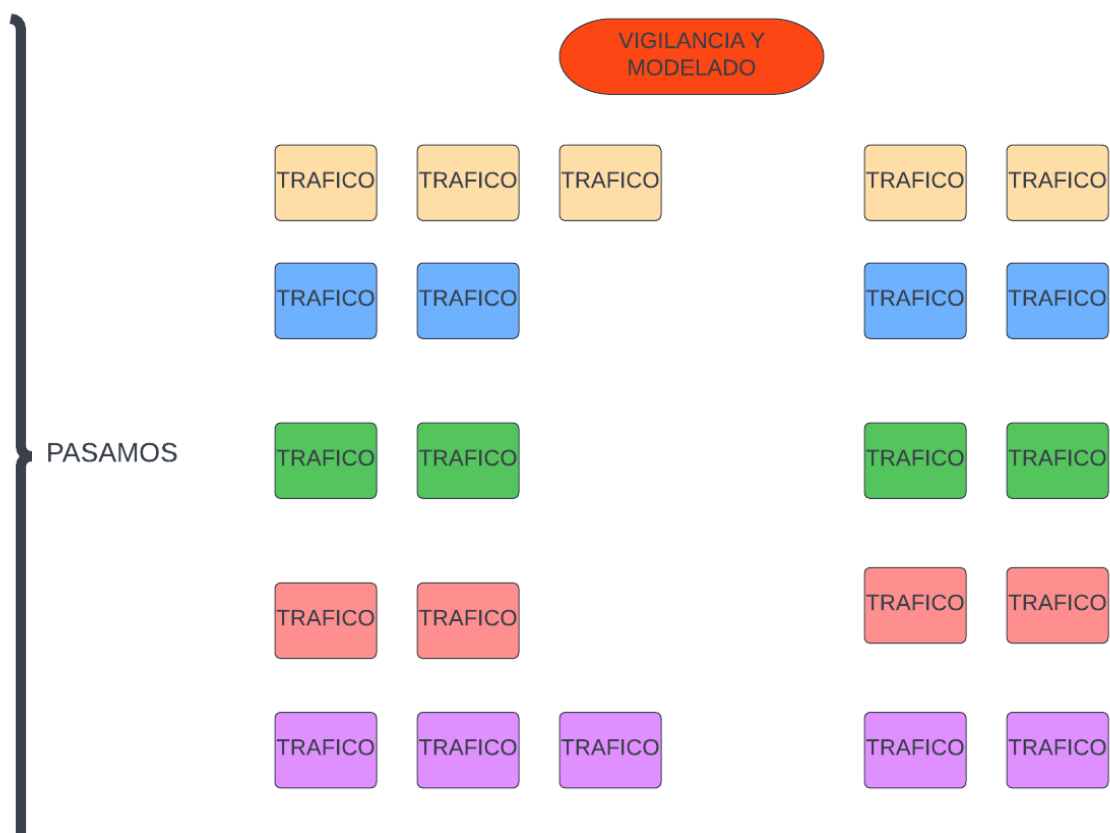
Fuente: autoría propia.

## Policing and Shaping

En las redes, el tráfico aumenta por una variedad de razones. Se realizan algunos ajustes de calidad de servicio para manejar estos aumentos. Durante estos aumentos, si se excede la capacidad del enlace, entonces se cae el tráfico en este enlace. Sin ningún arreglo, esta caída puede causar daños inesperados e indeseados.

### Ilustración 2

*Diagrama de bloques: Policing and Shaping*



Fuente: autoría propia.



## Plan de QoS

Documente los pasos requeridos para definir un plan de QoS que incluya los siguientes porcentajes sobre el ancho de banda total (separar tráficos mediante definición de clases):

- 10% del ancho de banda total para tráfico web
- 15% para tráfico de voz
- 20% para tráfico de streaming de video.

Teniendo en cuenta lo anteriormente solicitado, se definen los diferentes comandos para la implementación del plan de QoS. Inicialmente, configuramos en cada Router cliente (Bogotá, Barranquilla y Medellín) con el fin de que se haga uso correcto y eficiente de las cargas de procesamiento y respectivo análisis de los paquetes enviados y recibidos en cada una de las sedes. Posteriormente, aplicaremos la política a la interfaz de salida de dichos Router fa0/0 para garantizar los anchos de banda y prioridades requeridas.

- 10% del ancho de banda total para tráfico web
- 15% para tráfico de voz
- 20% para tráfico de streaming de video.

### QoS VOIP

Se habilita la configuración y se crea la clase VOIP relacionada a una policy-map

```
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#policy-map QoS1
Router(config-pmap)#class-map match-any VOIP
```

Se configura la prioridad

```

Router(config-cmap)#class VOIP
Router(config-cmap)#policy-map QoS1
Router(config-pmap)#class VOIP
Router(config-pmap-c)#priority percent 15

```

## QoS WEB

Se habilita la configuración y se crea la clase VOIP relacionada a una policy-map

```

Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#policy-map QoS1
Router(config-pmap)#class-map match-any WEB
Router(config-cmap)#class WEB

```

Se configura la prioridad

```

Router(config-pmap-c)#policy-map QoS1
Router(config-pmap)#class WEB
Router(config-pmap-c)#bandwidth percent 10

```

## QoS IPTV

```

Router(config-pmap-c)#policy-map QoS1
Router(config-pmap)#class-map match-any IPTV
Router(config-cmap)#policy-map QoS1
Router(config-pmap)#class IPTV
Router(config-pmap-c)#bandwidth percent 20

```

## **Implemente IPTV Multicast**

Mediante el emulador GNS3 y el uso de máquinas virtuales, a partir del análisis del servicio de IPTV desarrollado en la Fase 10, implemente IPTV Multicast entre las sedes del escenario de red descrito en la Fase 1, el cual permitirá transferir contenidos multimedia entre dos sedes.

Documente los pasos en un informe:

- Configuración de dispositivos y servidor TVIP
- Habilitación de protocolos de enrutamiento, Multicast, RTP, etc.
- Configuración de cliente de video VLC
- Pruebas funcionales.

## **IPTV (Internet Protocol Televisión) y Multicast**

En la IPTV contamos con diferentes dispositivos según sea su estructura, pero básicamente se tiene las siguientes funciones.

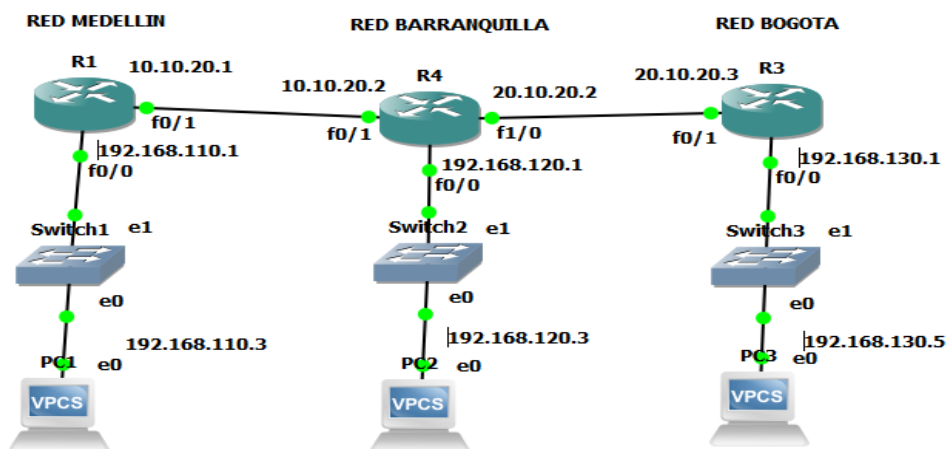
Se cuenta con una fuente de contenido donde es almacenada la información, también como parte fundamental, los nodos de enrutamiento los cuales encapsulan los datos en forma de paquetes para ser transportados. Seguidamente, la red de distribución, la cual es la infraestructura de la red por donde los paquetes de datos van a viajar hasta su destino. Así mismo, la tecnología de acceso al cliente, que puede ser por medio de conexión digital con las redes telefónicas (DSL) y finalmente el medio de transmisión en nuestro caso Multicast; por medio del cual, permite enviar los paquetes a un grupo de host específicos, los cuales están interesados en dicha información. Este medio es más utilizado, ya que optimiza la red sin llenarla de información innecesaria a diferencia del medio Broadcast que inunda la red de llegando incluso a nodos que no la requieren. Es de resaltar que el tráfico IP para multidifusión, tiene un rango específico que va desde la dirección IP 224.0.0.0 hasta la 239.255.255.255 denominado como clase D; así mismo, se tiene algunas direcciones o rangos restringidos o reservados, por lo que se debe tener en cuenta que dirección usar para nuestros servicios de IPTV.

### **Configuración del servicio IPTV**

Para lograr que el servicio de IPTV fuese posible entre dos sedes, fue necesario continuar con la topología de red y configuraciones realizadas en la Fase 7 del diplomado, donde se habilitó el protocolo de enrutamiento OSPF que nos permitió el intercambio de tablas de gestión entre las sedes; así mismo, se configuró los Router con la tecnología MPLS, mediante las etiquetas MPLS, para brindar mayor velocidad de ruta en los paquetes de datos.

### Ilustración 3

#### Topología de RED



Fuente: autoría propia.

**Tabla 1***Tabla de Direcccionamiento*

IP		RED	MASCARA	GATEWAY
Router 1 Medellín 192.168.110.1	LAN 1	192.168.110.0	255.255.255.0/24	192.168.110.1
Router 2 Barranquilla 192.168.120.1	LAN2	192.168.120.0	255.255.255.0/24	192.168.120.1
Router 3 Bogotá 192.168.130.1	LAN 3	192.168.130.0	255.255.255.0/24	192.168.130.1
Router 1 10.10.20.1	WAN1	10.10.20.0	255.0.0.0/8	
Router 2 Serial 2/0 10.10.20.2			255.0.0.0/8	
Serial 3/0 20.10.20.2		10.10.20.0 20.10.20.0		
Router 3 20.10.20.3	WAN2	20.10.20.0	255.0.0.0/8	
Servidor DHCP Bogotá 192.168.130.2			255.255.255.0/24	192.168.130.1
Servidor DNS 192.168.130.3			255.255.255.0/24	192.168.130.1
Servidor WEB 192.168.130.4	LAN 3	192.168.130.0	255.255.255.0/24	192.168.130.1

---

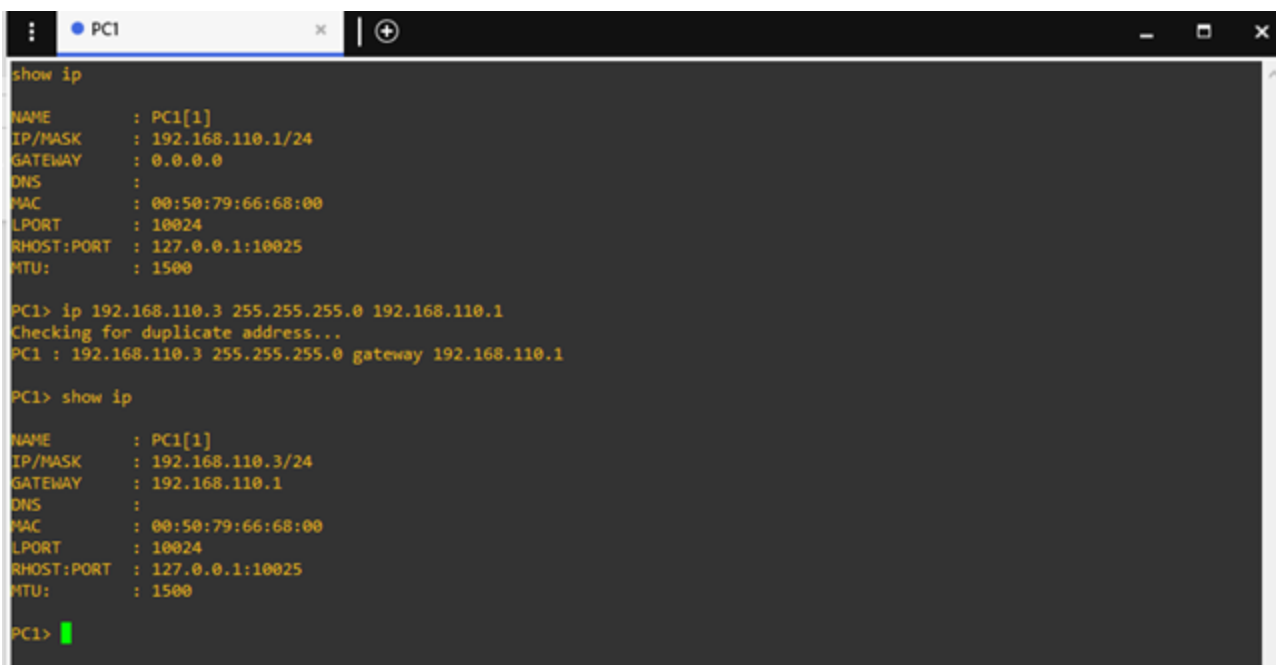
Servidor DHCP Barranquilla 192.168.120.2	LAN2	192.168.120.0	255.255.255.0/24	192.168.120.1
Servidor DHCP Medellín 192.168.110.2	LAN 1	192.168.110.0	255.255.255.0/24	192.168.110.1
PC Medellín 192.168.110.3		192.168.110.0	255.255.255.0/24	192.168.110.1
PC Barranquilla 192.168.120.3		192.168.120.0	255.255.255.0/24	192.168.120.1
PC Bogotá 192.168.130.5		192.168.130.0	255.255.255.0/24	192.168.130.1

---

Mediante el uso del software GNS3, se realiza la simulación y configuración de cada uno de los dispositivos; inicialmente, configuramos las IP como se muestra a continuación.

## Ilustración 4

### Configuración IP PC1



```
show ip
NAME      : PC1[1]
IP/MASK   : 192.168.110.1/24
GATEWAY   : 0.0.0.0
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10024
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10025
MTU       : 1500

PC1> ip 192.168.110.3 255.255.255.0 192.168.110.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.110.3 255.255.255.0 gateway 192.168.110.1

PC1> show ip
NAME      : PC1[1]
IP/MASK   : 192.168.110.3/24
GATEWAY   : 192.168.110.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10024
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10025
MTU       : 1500

PC1> █
```

Nota: se observa la configuración de IP para el PC1 sede Medellín, de la misma forma se realiza para los demás dispositivos y se verifica con el comando “show IP”. Fuente: autoría propia.



## Ilustración 5

### Configuración IP Router

```

state to up
R4(config-if)#exit
R4(config)#int f0/0
R4(config-if)#ip address 192.168.120.1 255.255.255.0
R4(config-if)#no sh
R4(config-if)#
*Mar 1 00:03:50.151: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Mar 1 00:03:51.151: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed
state to up
R4(config-if)#exit
R4(config)#int f1/0
R4(config-if)#ip address 20.10.20.2 255.0.0.0
R4(config-if)#no sh
R4(config-if)#
*Mar 1 00:04:47.607: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet1/0, changed state to up
*Mar 1 00:04:48.607: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet1/0, changed state to up
R4(config-if)#exit
R4(config)#exit
R4#wr
*Mar 1 00:04:54.667: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R4#wr
Building configuration...
[OK]
R4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - OOR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C 192.168.120.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 20.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet1/0
C 10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
R4#

```

Nota: se observa la configuración de IP para el Router Barranquilla, de la misma forma se realiza para los demás

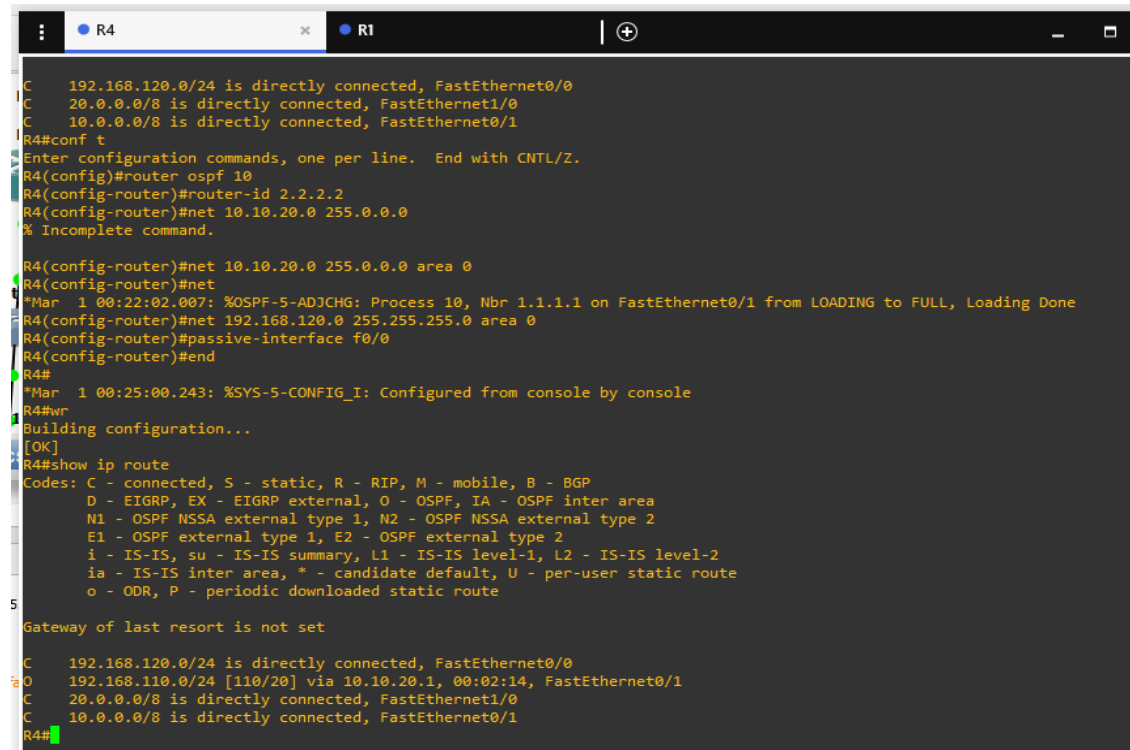
Router y se verifica con el comando “show IP Router”. Fuente: autoría propia.

## Implementación de protocolo de enrutamiento OSPF

Open Shortest Path First (OSPF), es un protocolo de direccionamiento basado en el algoritmo Shortest Path (SPF); así mismo, tenemos que OSPF, significa protocolo de puerta de enlace interna (IGP). En este protocolo, los enrutadores mantienen una base de datos de los diferentes estados de enlaces, de tal manera que se describa la topología usada para tal fin. Cada enrutador crea su propia base de datos (LSA), este paquete contiene información de los vecinos que se tengan y costo de cada ruta; finalmente, haciendo uso de SPF cada enrutador, se calcula el árbol raíz con su ruta más corta.

### Ilustración 6

#### Configuración OSPF y enrutamiento



```

C   192.168.120.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C   20.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet1/0
C   10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
R4#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R4(config)#router ospf 10
R4(config-router)#router-id 2.2.2.2
R4(config-router)#net 10.10.20.0 255.0.0.0
% Incomplete command.

R4(config-router)#net 10.10.20.0 255.0.0.0 area 0
R4(config-router)#net
*Mar  1 00:22:02.007: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr 1.1.1.1 on FastEthernet0/1 from LOADING to FULL, Loading Done
R4(config-router)#net 192.168.120.0 255.255.0.0 area 0
R4(config-router)#passive-interface f0/0
R4(config-router)#end
R4#
*Mar  1 00:25:00.243: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R4#wr
Building configuration...
[OK]
R4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
        o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C   192.168.120.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O   192.168.110.0/24 [110/20] via 10.10.20.1, 00:02:14, FastEthernet0/1
C   20.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet1/0
C   10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
R4#

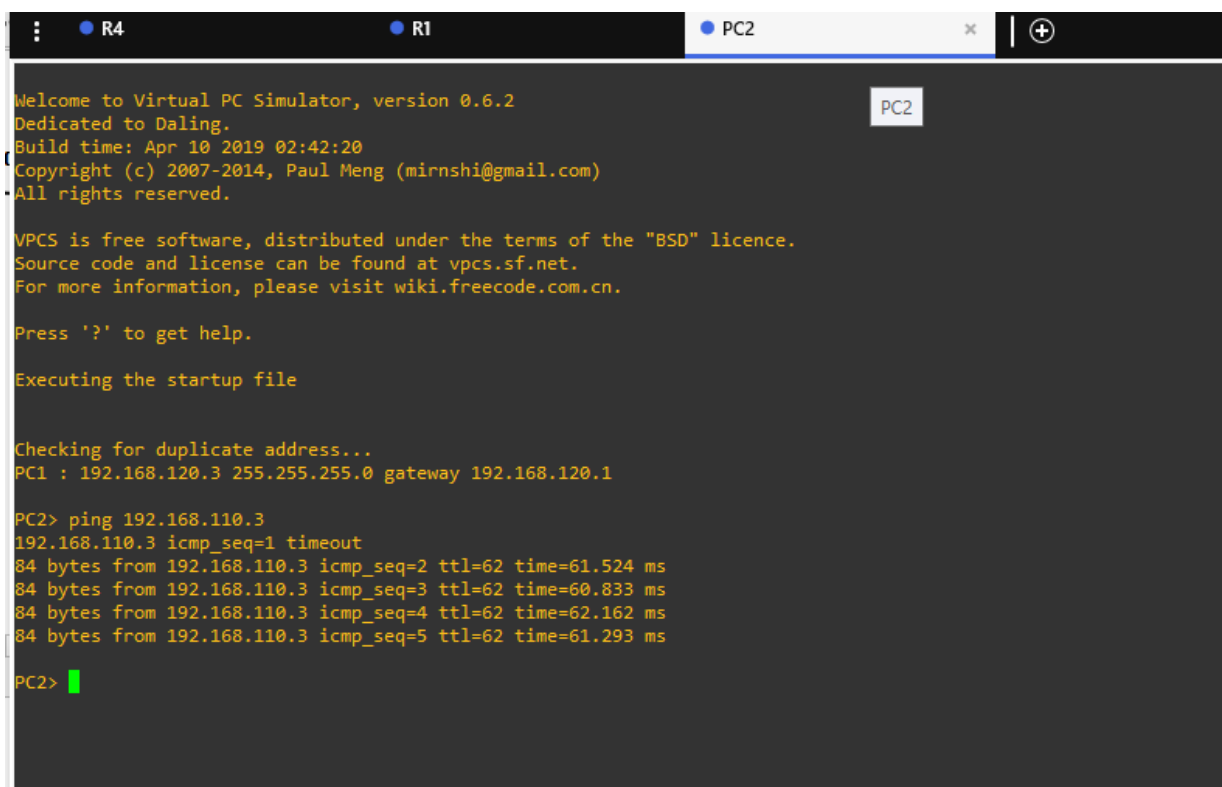
```

Nota: Se realiza la configuración en el Router R4 sede barranquilla para OSPF y se verifica mediante show IP Router, se observa que ya se agrega enrutamiento, dicha acción se realiza para los demás Router. Fuente: autoría propia.

Posteriormente, se procede a realizar prueba de funcionamiento del protocolo, mediante un ping entre dos dispositivos de la topología.

## Ilustración 7

### Verificación conexión



```

Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.6.2
Dedicated to Daling.
Build time: Apr 10 2019 02:42:20
Copyright (c) 2007-2014, Paul Meng (mirnshi@gmail.com)
All rights reserved.

VPCS is free software, distributed under the terms of the "BSD" licence.
Source code and license can be found at vpcs.sf.net.
For more information, please visit wiki.freecode.com.cn.

Press '?' to get help.

Executing the startup file

Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.120.3 255.255.255.0 gateway 192.168.120.1

PC2> ping 192.168.110.3
192.168.110.3 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.110.3 icmp_seq=2 ttl=62 time=61.524 ms
84 bytes from 192.168.110.3 icmp_seq=3 ttl=62 time=60.833 ms
84 bytes from 192.168.110.3 icmp_seq=4 ttl=62 time=62.162 ms
84 bytes from 192.168.110.3 icmp_seq=5 ttl=62 time=61.293 ms

PC2> █
```

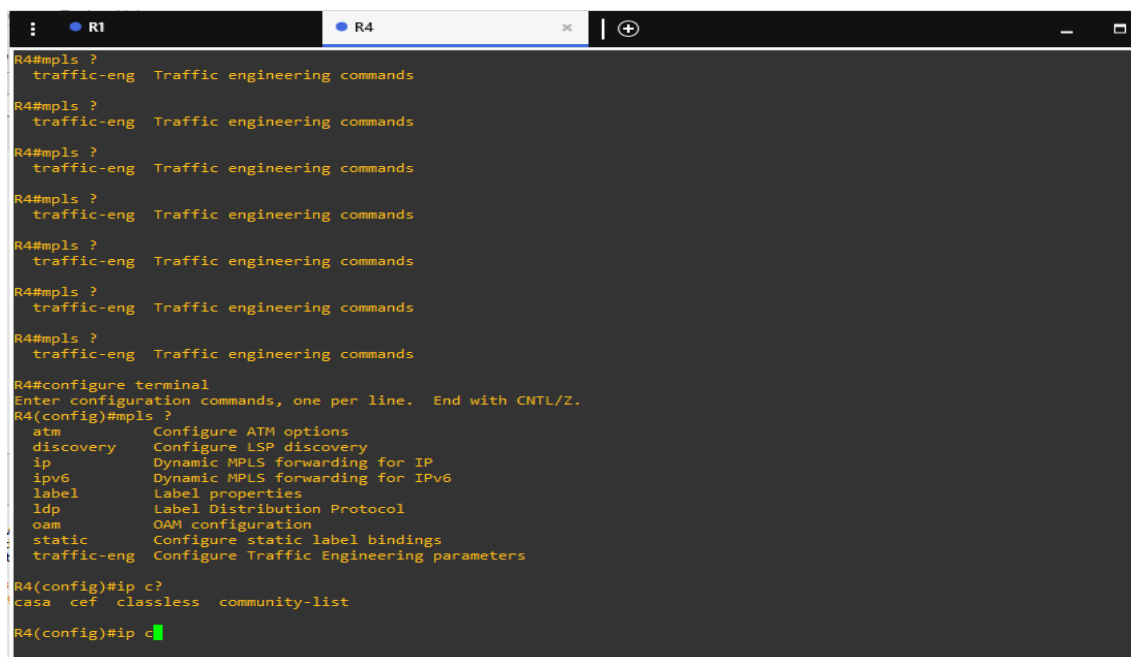
Nota: Se realiza ping desde el PC ubicado en la sede Barranquilla al PC ubicado en la sede de Medellín, se observa que el protocolo de enrutación OSPF está funcionando correctamente. Fuente: autoría propia.

## Configuración para MPLS

El Multiprotocolo Label Switching (Multiprotocolo de conmutación de Etiquetas), es una tecnología que se basa en la transmisión de datos bajo etiquetas, logrando el envío de manera confiable y segura. Gracias a esta tecnología, es posible el envío de paquetes o diferentes tipos de datos a una red de gran tamaño; es decir, una red MPLS implementa enrutadores y etiquetas concretas. Para nuestro caso hacemos uso de comando IP CEF para poder crear las FIB y las LFIB. Por último, se habilita el protocolo LDP para permitir el intercambio de etiquetas.

### Ilustración 8

#### Verificación MPLS e IP Cef



```
R4#mpls ?
  traffic-eng  Traffic engineering commands

R4#mpls ?
  traffic-eng  Traffic engineering commands

R4#mpls ?
  traffic-eng  Traffic engineering commands

R4#mpls ?
  traffic-eng  Traffic engineering commands

R4#mpls ?
  traffic-eng  Traffic engineering commands

R4#mpls ?
  traffic-eng  Traffic engineering commands

R4#mpls ?
  traffic-eng  Traffic engineering commands

R4#mpls ?
  traffic-eng  Traffic engineering commands

R4#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R4(config)#mpls ?
  atm          Configure ATM options
  discovery    Configure LSP discovery
  ip           Dynamic MPLS forwarding for IP
  ipv6        Dynamic MPLS forwarding for IPv6
  label        Label properties
  ldp          Label Distribution Protocol
  oam          OAM configuration
  static       Configure static label bindings
  traffic-eng  Configure Traffic Engineering parameters

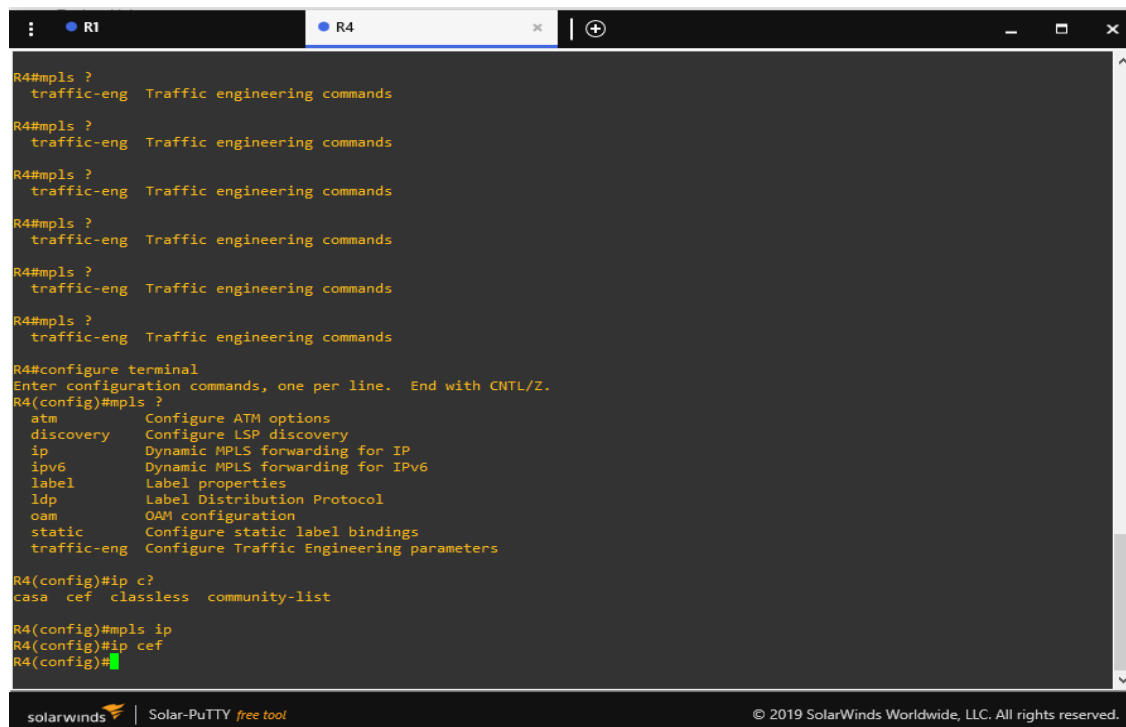
R4(config)#ip c?
casa cef classless community-list

R4(config)#ip c
```

Fuente: autoría propia.

## Ilustración 9

### Habilitación MPLS e IP CEF



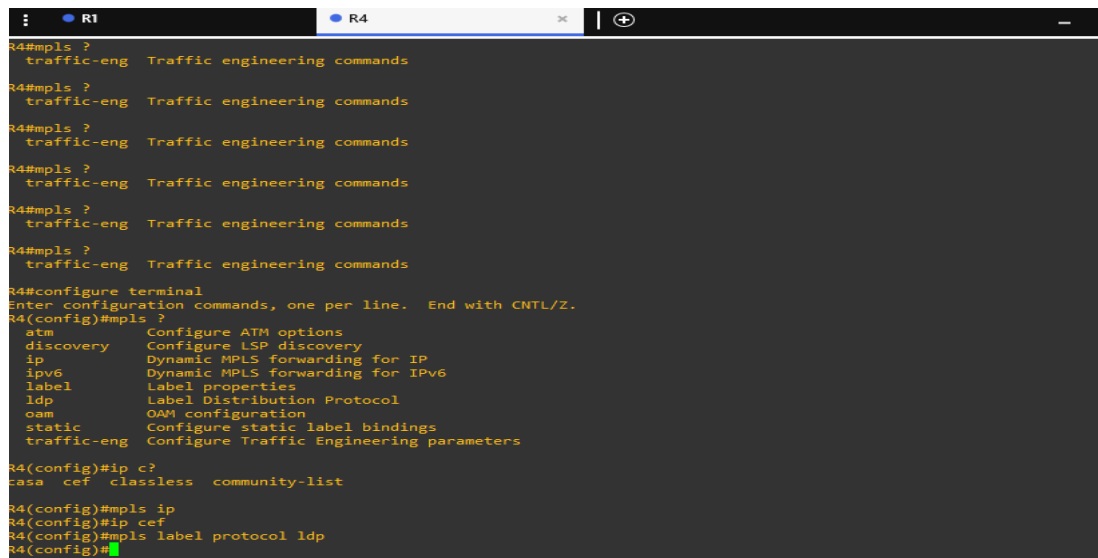
```
R1 R4
R4#mpls ?
  traffic-eng Traffic engineering commands
R4#mpls ?
  traffic-eng Traffic engineering commands
R4#mpls ?
  traffic-eng Traffic engineering commands
R4#mpls ?
  traffic-eng Traffic engineering commands
R4#mpls ?
  traffic-eng Traffic engineering commands
R4#mpls ?
  traffic-eng Traffic engineering commands
R4#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config)#mpls ?
  atm          Configure ATM options
  discovery    Configure LSP discovery
  ip           Dynamic MPLS forwarding for IP
  ipv6        Dynamic MPLS forwarding for IPv6
  label       Label properties
  ldp        Label Distribution Protocol
  oam        OAM configuration
  static     Configure static label bindings
  traffic-eng Configure Traffic Engineering parameters
R4(config)#ip c?
casa cef classless community-list
R4(config)#mpls ip
R4(config)#ip cef
R4(config)#
```

solarwinds | Solar-PuTTY free tool © 2019 SolarWinds Worldwide, LLC. All rights reserved.

Nota: Este procedimiento se realiza en cada uno de los Router. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 10

### *Habilitación protocolo LDP*



```
R4#mpls ?
traffic-eng Traffic engineering commands

R4#mpls ?
traffic-eng Traffic engineering commands

R4#mpls ?
traffic-eng Traffic engineering commands

R4#mpls ?
traffic-eng Traffic engineering commands

R4#mpls ?
traffic-eng Traffic engineering commands

R4#mpls ?
traffic-eng Traffic engineering commands

R4#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config)#mpls ?
atm          Configure ATM options
discovery    Configure LSP discovery
ip           Dynamic MPLS forwarding for IP
ipv6        Dynamic MPLS forwarding for IPv6
label        Label properties
ldp          Label Distribution Protocol
oam          QAM configuration
static       Configure static label bindings
traffic-eng  Configure Traffic Engineering parameters

R4(config)#ip c?
casa cef classless community-list

R4(config)#mpls ip
R4(config)#ip cef
R4(config)#mpls label protocol ldp
R4(config)#
```

Nota: Se habilita el protocolo LDP para el intercambio de etiquetas entre los enrutadores, procedimiento que se debe realiza en los demás Router. Fuente: autoría propia.

Se realizan las pruebas de verificación mediante comandos

## Ilustración 11

### Comando *sh ip route*

```

R4# conf t
R4(config)#router ospf 10
R4(config-router)#net 2.2.2.2 255.0.0.0 area 0
R4(config-router)#mpls ldp router-id loopback 0
R4(config)#end
R4#
*Mar 1 01:07:26.659: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R4# conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config-router)#net 2.2.2.2 255.0.0.0 area 0
R4(config-router)#mpls ldp router-id loopback 0
R4(config)#end
R4#
*Mar 1 01:12:10.867: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R4#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
        o - OOR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

2.0.0.0/8 is directly connected, Loopback0
C    192.168.120.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.110.0/24 [110/20] via 10.10.20.1, 00:49:26, FastEthernet0/1
C    20.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet1/0
C    10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
R4#
  
```

Fuente: autoría propia.

## Ilustración 12

### Verificación loopback

The screenshot displays the GNS3 interface with a network diagram on the left and a terminal window on the right. The network diagram shows two routers, R1 and R4, connected to a central switch. R1 is labeled 'Gateway of last resort is not set'. The terminal window shows the configuration for R1 and R4, including OSPF settings and LDP neighbor discovery. The output shows that the LDP neighbor discovery is successful, with the peer LDP ID 2.2.2.2:0 and local LDP ID 1.1.1.1:0 established.

```

R1
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route

R1#
Gateway of last resort is not set

R1#sh ip int brief
C 1.0.0.0/8 is directly connected, Loopback0
C 2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
R 2.2.2.2 [110/111] via 10.10.20.2, 00:14:59, FastEthernet0/1
D 192.168.120.0/24 [110/20] via 10.10.20.2, 01:00:57, FastEthernet0/1
C 192.168.110.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1

R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router ospf 10
R1(config-router)#mpls ldp autoconfig area 0
R1(config-router)#
*Mar 1 01:44:19.030: %LDP-5-HBRCNG: LDP Neighbor 2.2.2.2:0 (1) is UP
R1(config-router)#do sh mpls int
Interface IP Tunnel Operational
FastEthernet0/1 Yes (ldp) No Yes
R1(config-router)#end
R1#
*Mar 1 01:45:06.763: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#wr
Building configuration...
[OK]
R1#sh mpls ldp neigh
Peer LDP Ident: 2.2.2.2:0; Local LDP Ident 1.1.1.1:0
TCP connection: 2.2.2.2.28587 - 1.1.1.1.646
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 10/11; Downstream
Up time: 00:02:13
LDP discovery sources:
FastEthernet0/1, Src IP addr: 10.10.20.2
Addresses bound to peer LDP Ident:
192.168.120.1 10.10.20.2 20.10.20.2 2.2.2.2
R1#
  
```

Verificación de redes se observa red loopback y demás redes agregadas. Fuente: autoría propia



## Ilustración 13

### Verificación comando `sh mpls ldp neigh`

The screenshot shows the GNS3 interface with a network diagram on the left and a terminal window on the right. The terminal window displays the output of the command `sh mpls ldp neigh` on router R1. The output shows the LDP discovery sources, addresses bound to the peer LDP, and the LDP discovery sources for the peer LDP. The terminal output is as follows:

```

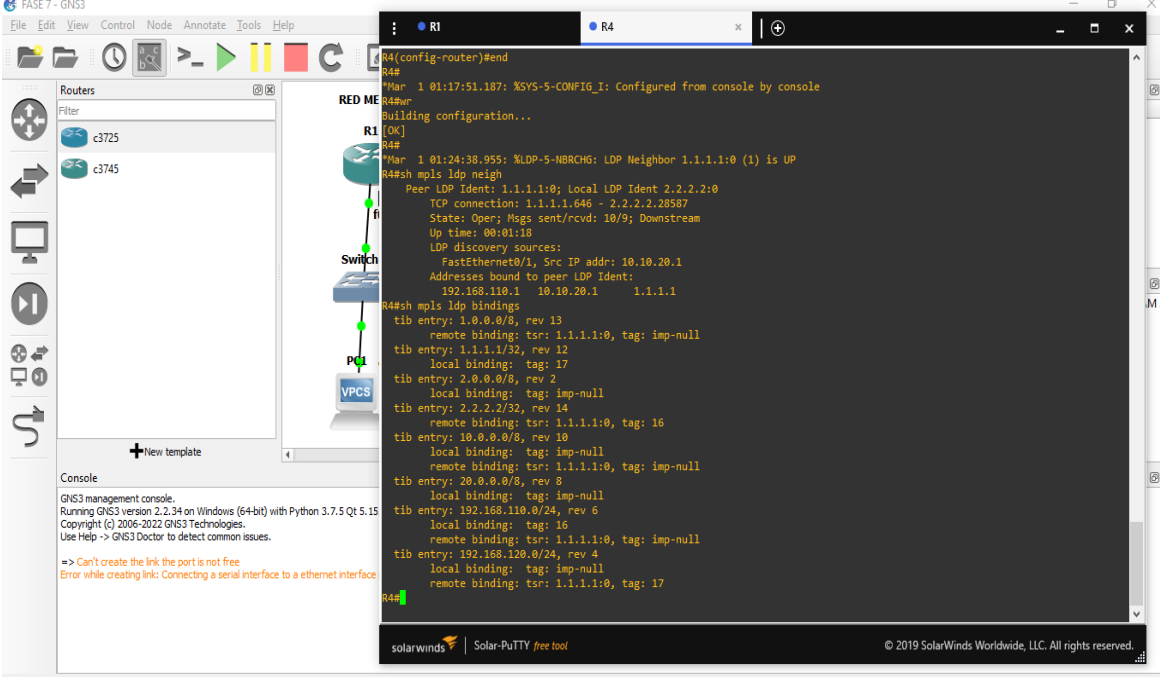
R1#sh mpls ldp neigh
Peer LDP Ident: 2.2.2.2:0; Local LDP Ident 1.1.1.1:0
TCP connection: 2.2.2.2:28587 - 1.1.1.1:646
State: Oper; Mgs sent/rcvd: 10/11; Downstream
Up time: 00:02:13
LDP discovery sources:
FastEthernet0/1, Src IP addr: 10.10.20.2
Addresses bound to peer LDP Ident:
192.168.120.1 10.10.20.2 20.10.20.2 2.2.2.2
R1#sh mpls ldp bindings
tib entry: 1.0.0.0/8, rev 2
local binding: tag: imp-null
tib entry: 1.1.1.1/32, rev 13
remote binding: tsr: 2.2.2.2:0, tag: 17
tib entry: 2.0.0.0/8, rev 11
remote binding: tsr: 2.2.2.2:0, tag: imp-null
tib entry: 2.2.2.2/32, rev 4
local binding: tag: 16
tib entry: 10.0.0.0/8, rev 10
local binding: tag: imp-null
remote binding: tsr: 2.2.2.2:0, tag: imp-null
tib entry: 20.0.0.0/8, rev 12
remote binding: tsr: 2.2.2.2:0, tag: imp-null
tib entry: 192.168.110.0/24, rev 8
local binding: tag: imp-null
remote binding: tsr: 2.2.2.2:0, tag: 16
tib entry: 192.168.120.0/24, rev 6
local binding: tag: 17
remote binding: tsr: 2.2.2.2:0, tag: imp-null
R1#
  
```

The terminal window also shows the configuration of the interface FastEthernet0/1 on R1, including the IP address 10.10.20.2 and the LDP configuration. The console output shows the GNS3 management console running on Windows (64-bit) with Python 3.7.5 Qt 5.15. The console also displays a warning message: "Can't create the link the port is not free" and "Error while creating link: Connecting a serial interface to a ethernet interface".

Fuente: autoría propia

## Ilustración 14

### Verificación tabla LIB



The screenshot shows the GNS3 interface with a network diagram on the left and a terminal window on the right. The terminal window displays the following output:

```
R4(config-router)#end
R4#
*Mar 1 01:17:51.187: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R4#wr
Building configuration...
R4#
[OK]
R4#
*Mar 1 01:24:38.955: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 1.1.1.1:0 (1) is UP
R4#sh mpls ldp neigh
Peer LDP Ident: 1.1.1.1:0; Local LDP Ident 2.2.2.2:0
TCP connection: 1.1.1.1.646 - 2.2.2.2.28587
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 10/9; Downstream
Up time: 00:01:18
LDP discovery sources:
FastEthernet0/1, Src IP addr: 10.10.20.1
Addresses bound to peer LDP Ident:
192.168.110.1 10.10.20.1 1.1.1.1
R4#sh mpls ldp bindings
tib entry: 1.0.0.0/8, rev 13
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: imp-null
tib entry: 1.1.1.1/32, rev 12
local binding: tag: 17
tib entry: 2.0.0.0/8, rev 2
local binding: tag: imp-null
tib entry: 2.2.2.2/32, rev 14
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 16
tib entry: 10.0.0.0/8, rev 10
local binding: tag: imp-null
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: imp-null
tib entry: 20.0.0.0/8, rev 8
local binding: tag: imp-null
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: imp-null
tib entry: 192.168.110.0/24, rev 6
local binding: tag: 16
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: imp-null
tib entry: 192.168.120.0/24, rev 4
local binding: tag: imp-null
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 17
R4#
```

Fuente: autoría propia

## Ilustración 15

### Verificación tabla LIB

configuracion OSPF MPLS: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

ip cef

Habilitar protocolo LDP  
mpls label protocol ldp

Configurar interfaces loopback en cada router

Router 1  
interface loopback 0  
ip add 1.1.1.1 255.255.255.0

Router 2  
interface loopback 0  
ip add 2.2.2.2 255.255.255.0

Agregar la red del loopback al OSPF en cada Router  
habilitar la interfaz con MPLS

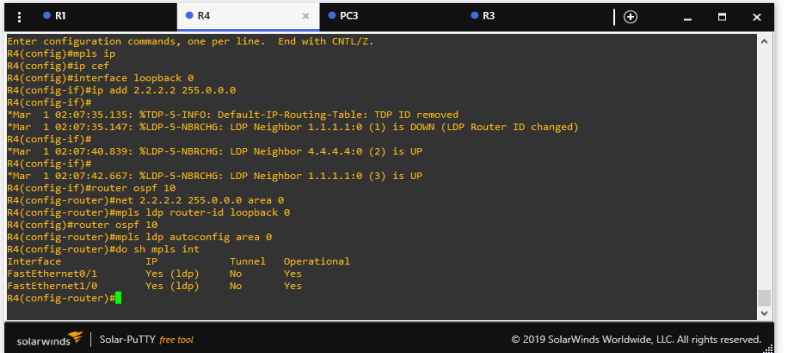
Router 1  
router ospf 10  
net 1.1.1.1 255.255.255.0 area 0  
mpls ldp router-id loopback 0

Router 2  
router ospf 10  
net 2.2.2.2 255.255.255.0 area 0  
mpls ldp router-id loopback 0

habilitar cada router de forma automática con MPLS (en modo de configuración del router)  
mpls ldp autoconfig area 0

verificación (en modo de configuración del router)  
do sh mpls int

verificación (en modo de configuración general)



```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config)#mpls ip
R4(config)#ip cef
R4(config)#interface loopback 0
R4(config-if)#ip add 2.2.2.2 255.0.0.0
R4(config-if)#
*Mar 1 02:07:35.135: %TDP-5-INFO: Default-IP-Routing-Table: TDP ID removed
*Mar 1 02:07:35.147: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 1.1.1.1:0 (1) is DOWN (LDP Router ID changed)
R4(config-if)#
*Mar 1 02:07:40.839: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 4.4.4.4:0 (2) is UP
R4(config-if)#
*Mar 1 02:07:42.667: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 1.1.1.1:0 (3) is UP
R4(config-if)#router ospf 10
R4(config-router)#net 2.2.2.2 255.0.0.0 area 0
R4(config-router)#mpls ldp router-id loopback 0
R4(config)#router ospf 10
R4(config-router)#mpls ldp autoconfig area 0
R4(config-router)#do sh mpls int
Interface      IP          Tunnel  Operational
FastEthernet0/1  Yes (ldp)  No      Yes
FastEthernet1/0  Yes (ldp)  No      Yes
R4(config-router)#
  
```

Linea 18, columna 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

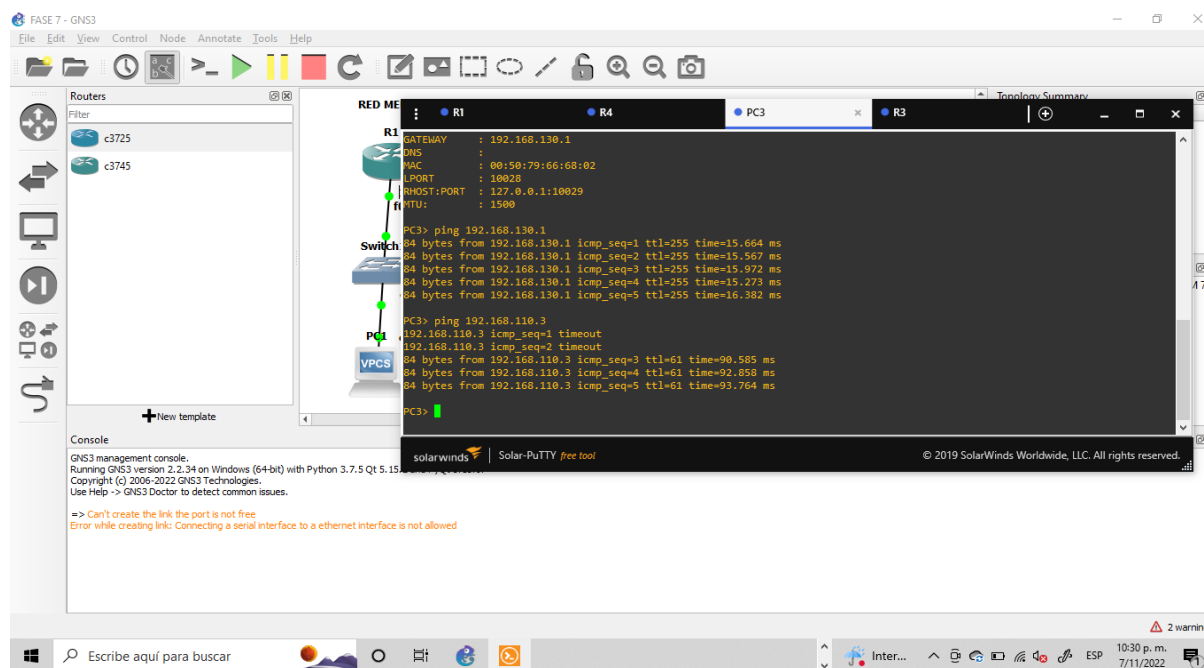
10:27 p. m. 7/11/2022

Fuente: autoría propia

Verificación configuración MPLS Router barranquilla, el cual se encuentra en el medio de la red WAN por lo tanto se observa dos puertos habilitados con LDP.

## Ilustración 16

### *Ping Barranquilla*

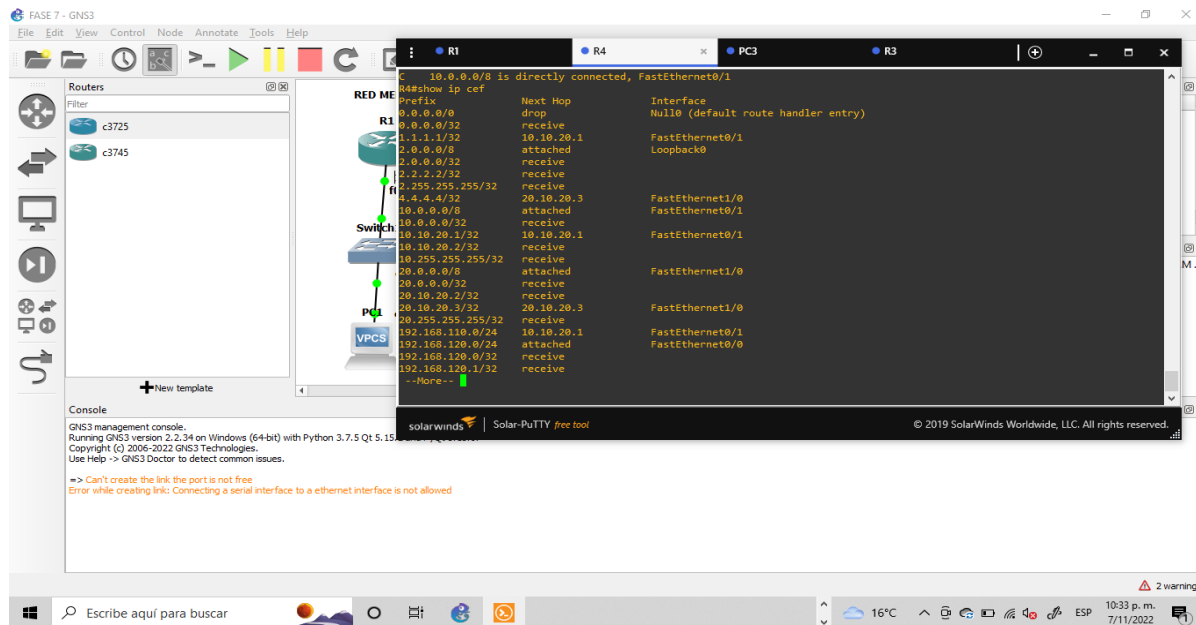


Fuente: autoría propia

Ping realizado del PC Bogotá hasta el PC Medellín, siendo puente entre ambas redes el Router de Barranquilla.

## Ilustración 17

### *Ping Bogota-Medellín*



Fuente: autoría propia

## Ilustración 18

### Verificación comando `show IP Route`

The screenshot displays a SolarWinds Solar-PuTTY terminal window with the following output for the `show ip route` command:

```

R4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       I - IS-IS, su - IS-IS summary, IA - IS-IS level-1, I2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
  1.1.1.1 [110/11] via 10.10.20.1, 00:21:10, FastEthernet0/1
2.0.0.0/8 is directly connected, Loopback0
192.168.128.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
  4.4.4.4 [110/2] via 20.10.20.3, 00:06:44, FastEthernet1/0
192.168.118.0/24 [110/20] via 10.10.20.1, 00:21:10, FastEthernet0/1
20.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet1/0
192.168.130.0/24 [110/11] via 20.10.20.3, 00:21:11, FastEthernet1/0
10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
  
```

The background shows a PDF document titled "Verificación MPLS" with the following text:

**Verificación MPLS**

`R# show ip route`  
`R# show ip cef`  
`R# show mpls interfaces`  
`R# show mpls ldp Discovery vecinos`  
`R# show mpls ldp neighbor`  
`R# show mpls ldp bindings`  
`R# show mpls forwarding-table`

Fuente Steve Smith (Cisco Systems)

Fuente: autoría propia

## Ilustración 19

### Verificación comando `show mpls interfaces`

The screenshot shows the GNS3 interface with a network diagram on the left and a terminal window on the right. The terminal window displays the output of the `show mpls interfaces` command on router R4. The output is as follows:

```

R4#show mpls interfaces
Interface      IP           Tunnel  Operational
FastEthernet0/1  Yes (1dp)   No      Yes
FastEthernet1/0  Yes (1dp)   No      Yes
  
```

The network diagram shows a topology with routers R1, R4, and R3, a switch, and PCs. The terminal window also shows the console output of the GNS3 management console, including the command `show mpls interfaces` and the resulting output.

Fuente: autoría propia

## Ilustración 20

### Comando `show mpls`

Título de la Exposición - Adobe Acrobat Reader (64-bit)

File Edit View Sign Window Help

Home Tools Título de la Exposición... x

26 / 35

**Activación**

**Verificación MPLS**

*R# show ip route*  
*R# show ip cef*  
*R# show mpls interfaces*  
*R# show mpls ldp discovery*  
*R# show mpls ldp neighbor*  
*R# show mpls ldp bindings*  
*R# show mpls forwarding-table*

Permite

Fuente Steve Smith (Cisco Systems)

```

R1 R4 PC3 R3
192.168.120.0/32 receive
192.168.120.1/32 receive
192.168.120.3/32 192.168.120.3 FastEthernet0/0
192.168.120.255/32 receive
192.168.130.0/24 20.10.20.3 FastEthernet1/0
224.0.0.0/4 drop
224.0.0.0/24 receive
255.255.255.255/32 receive
R4#
R4#
R4#
R4#show mpls interfaces
Interface IP Tunnel Operational
FastEthernet0/1 Yes (ldp) No Yes
FastEthernet1/0 Yes (ldp) No Yes
R4#show mpls ldp discovery
Local LDP Identifier:
2.2.2.2:0
Discovery Sources:
Interfaces:
FastEthernet0/1 (ldp): xmit/recv
LDP Id: 1.1.1.1:0
FastEthernet1/0 (ldp): xmit/recv
LDP Id: 4.4.4.4:0
R4#
solarwinds Solar-PuTTY free tool © 2019 SolarWinds Worldwide, LLC. All rights reserved.

```

Convert, edit and e-sign PDF forms & agreements

Free 7-Day Trial

Escribe aquí para buscar

Lluvi... 10:35 p. m. 7/11/2022

Fuente: autoría propia



## Ilustración 21

### Comando *show mpls ldp Discovery*

The screenshot shows a SolarWinds Solar-PuTTY terminal window with the following output:

```
R4#show mpls neigh
% Invalid input detected at '^' marker.
R4#show mpls neigh
% Invalid input detected at '^' marker.
R4#show mpls ldp neighbor
Peer LDP Ident: 4.4.4.4:0; Local LDP Ident 2.2.2.2:0
TCP connection: 4.4.4.4.45982 - 2.2.2.2.646
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 27/25; Downstream
Up time: 00:11:31
LDP discovery sources:
FastEthernet1/0, Src IP addr: 20.10.20.3
Addresses bound to peer LDP Ident:
192.168.130.1 20.10.20.3 4.4.4.4
Peer LDP Ident: 1.1.1.1:0; Local LDP Ident 2.2.2.2:0
TCP connection: 1.1.1.1.646 - 2.2.2.2.63661
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 26/25; Downstream
Up time: 00:11:29
LDP discovery sources:
FastEthernet0/1, Src IP addr: 10.10.20.1
Addresses bound to peer LDP Ident:
192.168.110.1 10.10.20.1 1.1.1.1
```

The background document is titled "Verificación MPLS" and lists several commands:

- R# show ip route*
- R# show ip cef*
- R# show mpls interfaces*
- R# show mpls ldp Discovery vecinos*
- R# show mpls ldp neighbor*
- R# show mpls ldp bindings*
- R# show mpls forwarding-table*

The source is cited as "Fuente Steve Smith (Cisco Systems)".

Fuente: autoría propia

## Ilustración 22

### Verificación comando `show mpls ldp neighbor`

The screenshot displays a SolarWinds Solar-PuTTY terminal window with the following output for the `show mpls ldp neighbor` command:

```

R4#show mpls ldp bindings
tib entry: 1.0.0.0/8, rev 19
  remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: imp-null
tib entry: 1.1.1.2/32, rev 22
  local binding: tag: 17
  remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: 16
tib entry: 2.0.0.0/8, rev 24
  local bindings: tag: imp-null
tib entry: 2.2.2.2/32, rev 26
  remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: 20
tib entry: 4.0.0.0/8, rev 22(no route)
  remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 16
tib entry: 4.4.4.4/32, rev 25
  local binding: tag: 19
  remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 20
tib entry: 10.0.0.0/8, rev 10
  local binding: tag: imp-null
  remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: imp-null
  remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: 19
tib entry: 20.0.0.0/8, rev 8
  local binding: tag: imp-null
  remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 18
  remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: imp-null
tib entry: 192.168.110.0/24, rev 6
  local binding: tag: 16
  remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: imp-null
  remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: 18
tib entry: 192.168.120.0/24, rev 4
  local binding: tag: imp-null
  remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 17
  remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: 17
tib entry: 192.168.130.0/24, rev 16
  local binding: tag: 18
  remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 19
  remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: imp-null
R4#
R4#

```

The background document, titled "Verificación MPLS", lists the following commands:

- `R# show ip route`
- `R# show ip cef`
- `R# show mpls interfaces`
- `R# show mpls ldp Discovery vecinos`
- `R# show mpls ldp neighbor`
- `R# show mpls ldp bindings`
- `R# show mpls forwarding-table`

Source: Steve Smith (Cisco Systems)

Fuente: autoría propia

## Ilustración 23

### Verificación comando `show mpls forwarding-table`

The screenshot shows the GNS3 interface with a network topology consisting of three routers (R1, R4, R3) and three switches (Switch1, Switch2, Switch3). The routers are connected in a chain: R1 (10.10.20.1) - R4 (20.10.20.2) - R3 (20.10.20.3). Each router is connected to a switch (Switch1, Switch2, Switch3) via its Fa0/0 interface. The switches are connected to their respective routers via their e1 interfaces. The routers are also connected to each other via their Fa0/1 interfaces.

The terminal window shows the output of the `show mpls forwarding-table` command on router R4. The output is as follows:

```

R4#show mpls forwarding-table
local binding: tag: 16
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: imp-null
tib entry: 192.168.120.0/24, rev 4
local binding: tag: imp-null
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 17
remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: 17
tib entry: 192.168.130.0/24, rev 16
local binding: tag: 18
remote binding: tsr: 1.1.1.1:0, tag: 18
remote binding: tsr: 4.4.4.4:0, tag: imp-null

```

The terminal window also displays a table with the following columns: Local, Outgoing, Prefix, Bytes, tag, Outgoing, Next Hop. The data rows are:

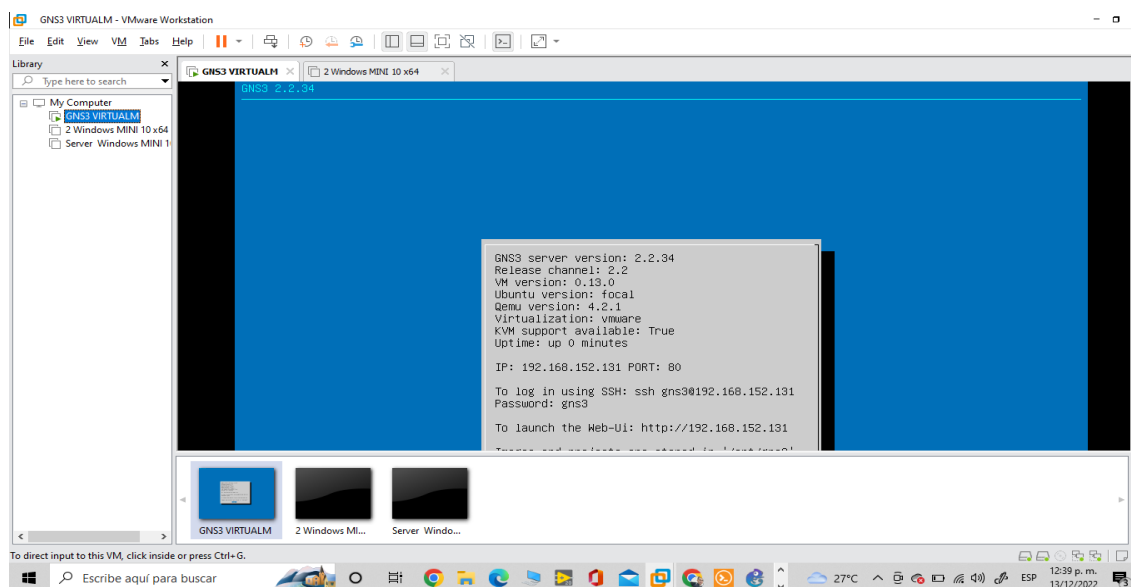
Local	Outgoing	Prefix	Bytes	tag	Outgoing	Next Hop
16	Pop tag	192.168.110.0/24	490		Fa0/1	10.10.20.1
17	Untagged	1.1.1.1/32	0		Fa0/1	10.10.20.1
18	Pop tag	192.168.130.0/24	490		Fa1/0	20.10.20.3
19	Untagged	4.4.4.4/32	1350		Fa1/0	20.10.20.3

Fuente: autoría propia

Finalmente, se procede a realizar la configuración necesaria para la implementación de IPTV. Para esto, se requiere el uso de máquina virtual, mediante el software VMware Workstation.

## Ilustración 24

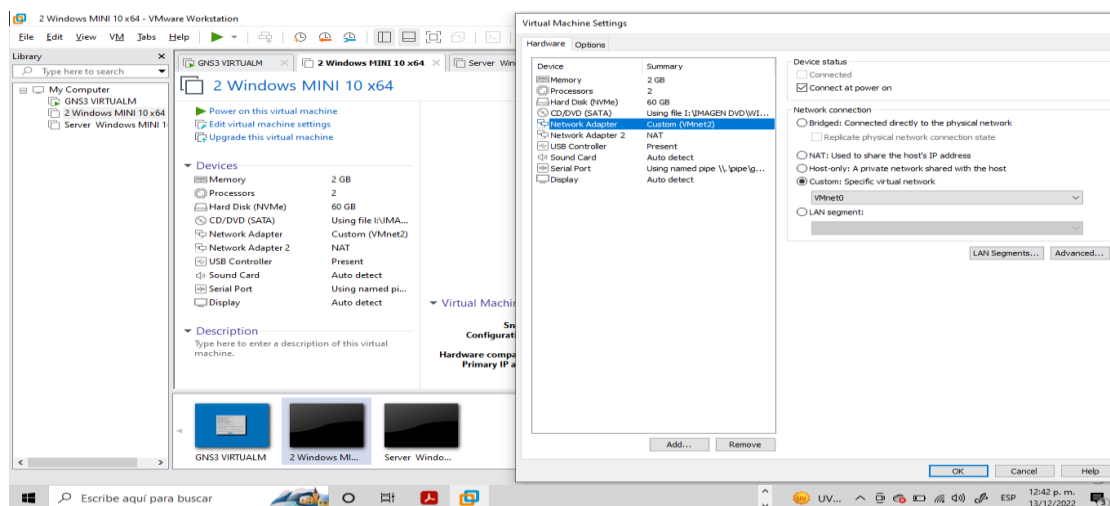
### VMware Workstation



Nota: Se observa que se realiza la instalación del software con 3 máquinas virtuales el GNS3 y 2 Windows Mini, uno para el Servidor (transmitir los datos multimedia) y el otro para el cliente (recibe los datos y reproduce en el software VLC). Fuente: autoría propia.

## Ilustración 25

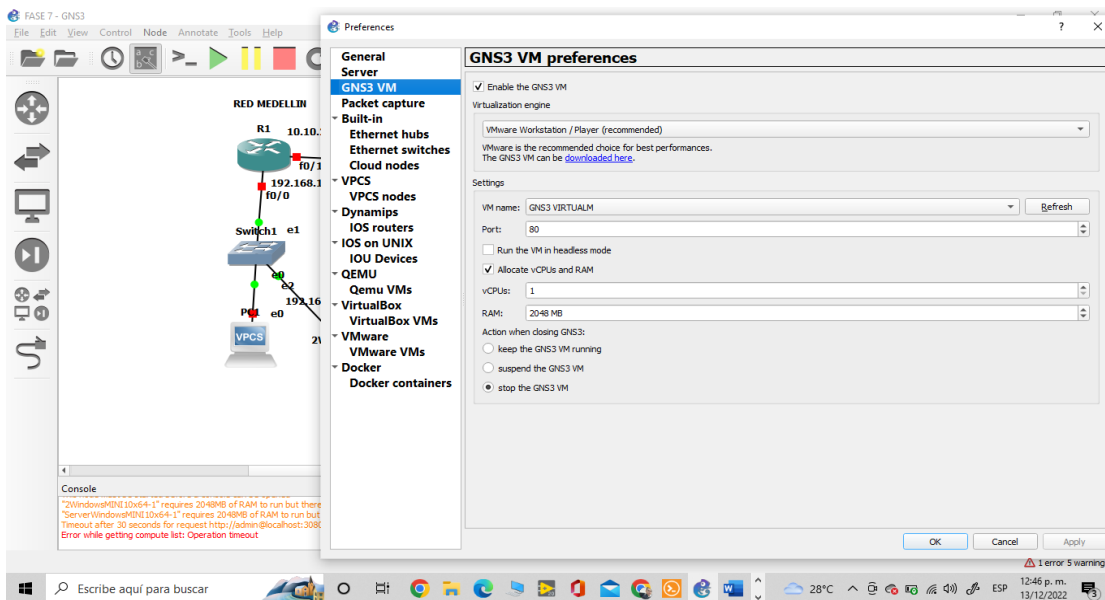
### Configuración máquinas virtuales



Nota: Se realiza la configuración de las máquinas virtuales y de los adaptadores de red para una correcta conexión en la topología de GNS3, así mismo se realiza instalación del software VLC en ambos Windows. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 26

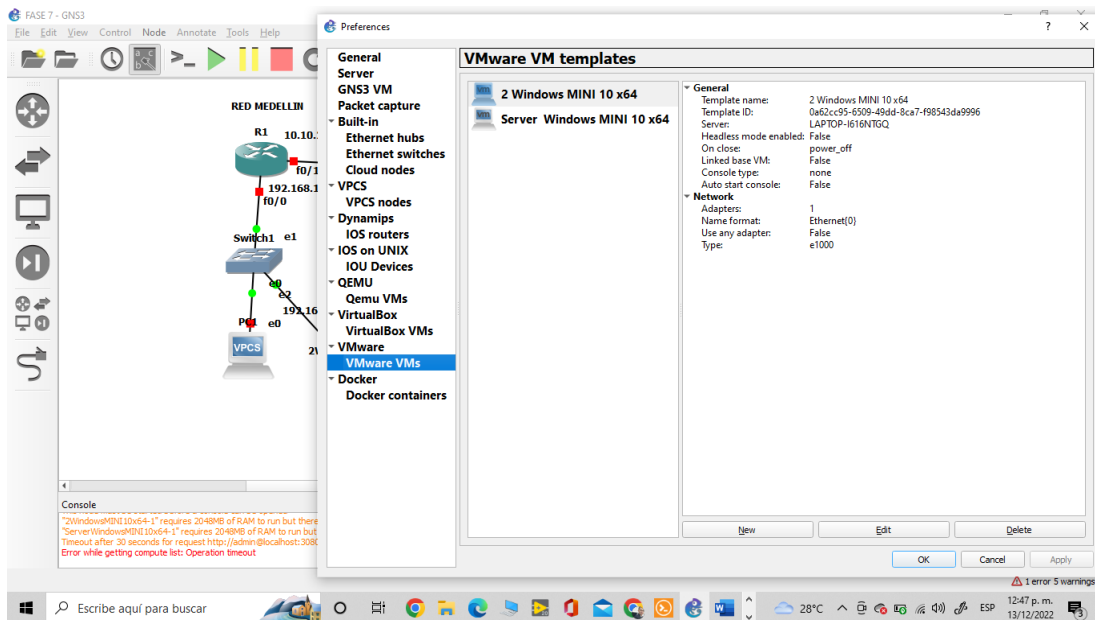
### Configuración GNS3 VM preferentes



Nota: Se procede a configurar el GNS3 para enlazar con el VMware. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 27

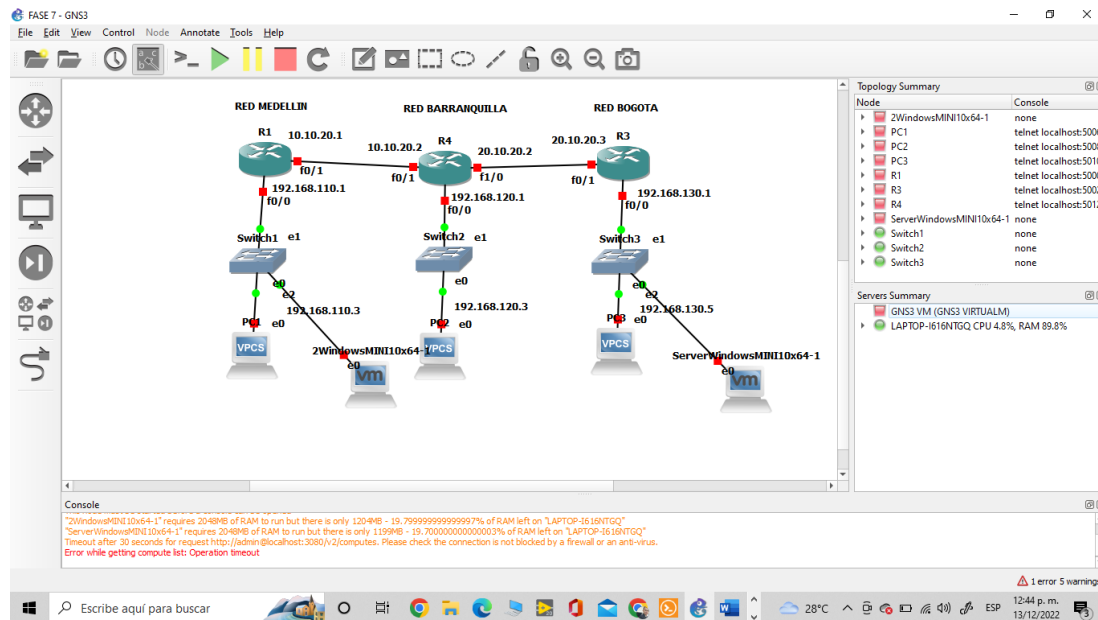
### Agregar Máquinas virtuales para GNS3



Nota: Se realiza el procedimiento para agregar los dos sistemas creados en el VMware los cuales corresponden a el Windows Mini y su clon. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 28

### Topología completa

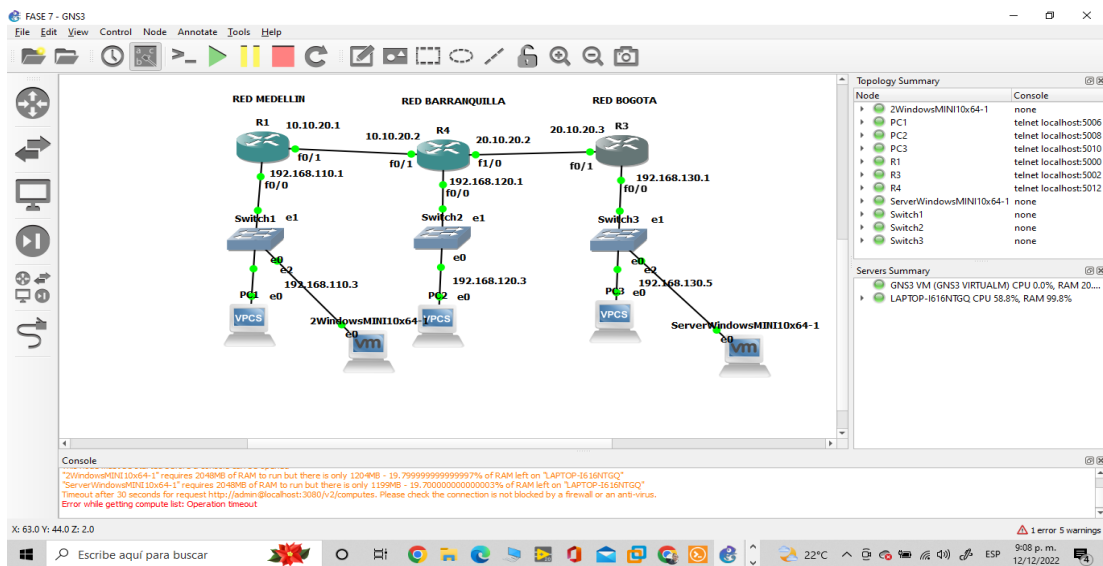


Nota: Se realiza la conexión de las máquinas virtuales para la implementación de la IPTV. Fuente: autoría propia.



## Ilustración 29

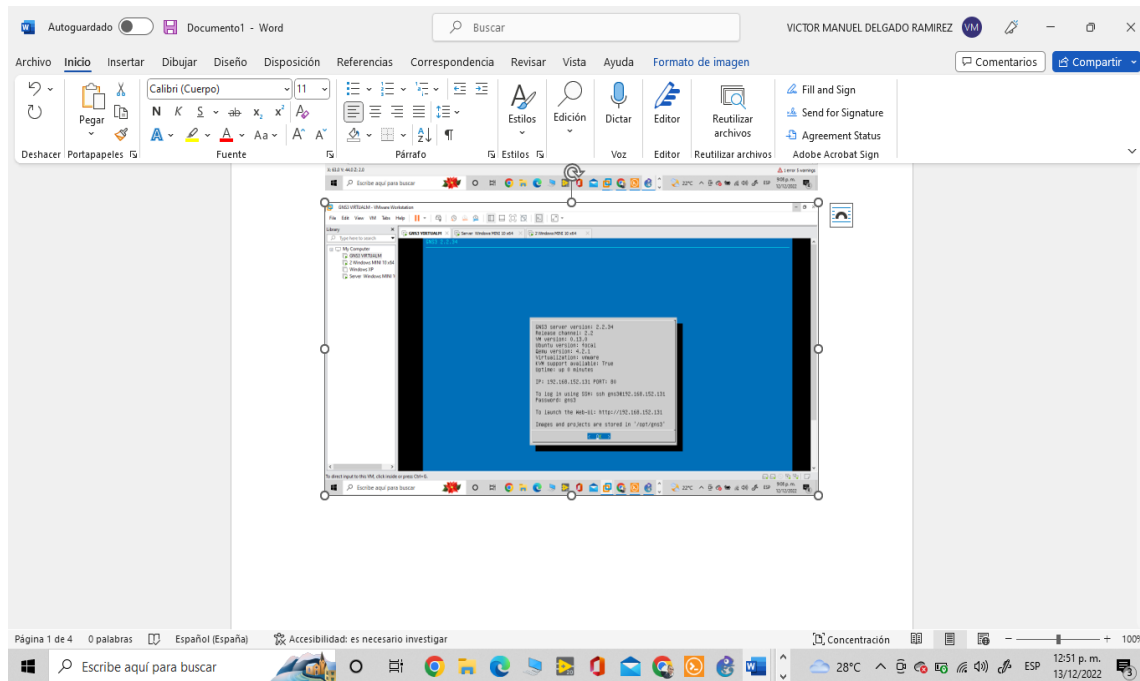
### Topología con dispositivos encendidos



Nota: Se evidencia que la topología está en normal funcionamiento con las conexiones adecuadas y la máquina virtual en funcionamiento. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 30

### VMware Workstation



Nota: Software VMware corriendo con las VM en funcionamiento. Fuente: autoría propia.

## **Implementación protocolo Multicast**

El uso de enrutamiento de multidifusión IP, permite que un host (source) envíe paquetes a un grupo de host (receptores), mediante el uso de direccionamiento a un grupo de multidifusión IP. Para esto, se cuenta con una dirección de grupo a la cual los receptores o clientes interesados, solicitan ingreso, de tal forma que, al enviar los datos, estos lleguen solo a los clientes que estén dentro del grupo de multidifusión

Este método hace uso del protocolo PIM-SM, por medio del cual el Router que está conectado a receptor, solicita al SOURCE, el envío de datos, siempre y cuando el cliente previamente le solicite al Router. Esto hace que el uso de la red sea más eficiente y no se inunde la red con datos que llegan a clientes que no lo requieren, como es el caso del DENSE MODE.

En este protocolo se tiene que los FHR aprenden de los LHR, ya que estos últimos son los que solicitan el ingreso al grupo para que de esta manera, sean enviados los datos de multidifusión.

El PIM-SM hace uso de un Rendezvous Point (RP), de tal manera que los receptores o clientes tienen un punto intermedio conocido, con el cual comunicarse si necesitan llegar al FHR.

Para nuestro caso en particular se implementa el protocolo PIM en Sparse Mode, con el RP 10.10.20.2, que corresponde al Router R4 sede Barranquilla.

## Ilustración 31

### Implementación Multicast y Asignación RP

```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#do sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    1.0.0.0/8 is directly connected, Loopback0
O    2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O      2.2.2.2 [110/11] via 10.10.20.2, 00:03:51, FastEthernet0/1
O    192.168.120.0/24 [110/20] via 10.10.20.2, 00:03:41, FastEthernet0/1
O    4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O      4.4.4.4 [110/12] via 10.10.20.2, 00:03:04, FastEthernet0/1
C    192.168.110.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O    20.0.0.0/8 [110/11] via 10.10.20.2, 00:03:14, FastEthernet0/1
O    192.168.130.0/24 [110/21] via 10.10.20.2, 00:03:05, FastEthernet0/1
C    10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#ip pim rp-address 10.10.20.2
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#R1(config)#ip pim rp-address 10.10.20.2
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R1(config)#do show ip int brief / exclude unassigned
show ip int brief / exclude unassigned
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R1(config)#do show ip int brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status      Protocol
FastEthernet0/0    192.168.110.1   YES NVRAM    up          up
Serial0/0          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
FastEthernet0/1    10.10.20.1     YES NVRAM    up          up
Loopback0          1.1.1.1         YES NVRAM    up          up

```

Se procede a realizar el comando para habilitar en los Router el enrutamiento Multicast y la asignación del RP, esto se realiza en todos los Router. Fuente: autoría propia.

## Implementación IP sparse Mode

Como mencionamos anteriormente, en el modo sparse-Mode se cuenta con un RP, que nos permite centralizar la información, evitando complicaciones en el escalonamiento hasta el Source. En este modo, el cliente realiza el envío de un mensaje de unión PIM (\*, G) hacia el RP, este mensaje se envía desde el router del cliente por medio de la interfaz RPF, hasta que llega al RP. Una vez el RP recibe el mensaje de unión, este se agrega a la lista de interfaz saliente (OIL), de tal forma que se contruye el RPT, el cual conecta el receptor con el RP.

### Ilustración 32

#### Habilitación protocolo PIM-SM

```

4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   4.4.4.4 [110/12] via 10.10.20.2, 00:03:04, FastEthernet0/1
C   192.168.110.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O   20.0.0.0/8 [110/11] via 10.10.20.2, 00:03:14, FastEthernet0/1
O   192.168.130.0/24 [110/21] via 10.10.20.2, 00:03:05, FastEthernet0/1
C   10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#ip pim rp-address 10.10.20.2
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#R1(config)#ip pim rp-address 10.10.20.2
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R1(config)#do show ip int brief / exclude unassigned
show ip int brief / exclude unassigned
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R1(config)#do show ip int brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status      Protocol
FastEthernet0/0    192.168.110.1   YES NVRAM   up          up
Serial0/0          unassigned     YES NVRAM   administratively down down
FastEthernet0/1    10.10.20.1     YES NVRAM   up          up
Loopback0          1.1.1.1        YES NVRAM   up          up
R1(config)#int f0/0
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#
*Mar 1 00:16:23.795: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 192.168.110.1 on interface FastEthernet0/0
R1(config-if)#int f0/1
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#
*Mar 1 00:17:53.747: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 10.10.20.1 on interface FastEthernet0/1
R1(config-if)#int lo 0
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#
*Mar 1 00:18:14.695: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 1.1.1.1 on interface Loopback0
R1(config-if)#
*Mar 1 00:19:54.303: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 10.10.20.2 UP on interface FastEthernet0/1
*Mar 1 00:19:54.323: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 10.10.20.1 to 10.10.20.2 on interface FastEthernet0/1
R1(config-if)#

```

Nota: Se habilita el protocolo PIM-SM en cada una de las interfaces de los Router, procedimiento aplicado a todos los Router. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 33

### Habilitación PIM-SM

```

R1 R4 R3
*Mar 1 00:00:05.407: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Mar 1 00:00:05.407: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to up
*Mar 1 00:00:06.115: %LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0, changed state to administratively down
*Mar 1 00:00:10.943: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr 1.1.1.1 on FastEthernet0/1 from LOADING to FULL, Loading Done
*Mar 1 00:00:20.403: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 1.1.1.1:0 (1) is UP
R4#
*Mar 1 00:00:47.959: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr 4.4.4.4 on FastEthernet1/0 from LOADING to FULL, Loading Done
R4#
*Mar 1 00:00:53.155: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 4.4.4.4:0 (2) is UP
R4#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config)#ip multicast-routing
R4(config)#ip pim rp-address 10.10.20.2
R4(config)#do show ip int brief
Interface                IP-Address      OK? Method Status      Protocol
FastEthernet0/0          192.168.120.1   YES NVRAM   up          up
Serial0/0                unassigned      YES NVRAM   administratively down down
FastEthernet0/1          10.10.20.2     YES NVRAM   up          up
FastEthernet1/0          20.10.20.2     YES NVRAM   up          up
Loopback0                2.2.2.2        YES NVRAM   up          up
R4(config)#int f0/0
R4(config-if)#ip pim sparse-mode
R4(config-if)#
*Mar 1 00:18:43.759: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 192.168.120.1 on interface FastEthernet0/0
R4(config-if)#int f0/1
R4(config-if)#ip pim sparse-mode
R4(config-if)#
*Mar 1 00:19:03.315: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 10.10.20.1 UP on interface FastEthernet0/1
R4(config-if)#
*Mar 1 00:19:04.711: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 10.10.20.2 on interface FastEthernet0/1
R4(config-if)#int f1/0
R4(config-if)#ip pim sparse-mode
R4(config-if)#
*Mar 1 00:19:20.659: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 20.10.20.2 on interface FastEthernet1/0
R4(config-if)#int lo 0
R4(config-if)#ip pim sparse-mode
R4(config-if)#
*Mar 1 00:19:35.611: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 2.2.2.2 on interface Loopback0
R4(config-if)#
*Mar 1 00:20:32.339: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 20.10.20.3 UP on interface FastEthernet1/0
*Mar 1 00:20:32.383: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 20.10.20.2 to 20.10.20.3 on interface FastEthernet1/0
R4(config-if)#

```

Fuente: autoría propia.

## Ilustración 34

### Habilitación PIM-SM

```

Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R3(config)#ip multicast-routing
R3(config)#ip pim rp-address 10.10.20.2
R3(config)#ip pim rp-address 10.10.20.2
R3(config)#do show ip int brief
Interface                               IP-Address      OK? Method Status  Prot
-----                               -
ooc1
FastEthernet0/0                         192.168.130.1   YES NVRAM  up      up
Serial10/0                               unassigned      YES NVRAM  administratively down down
FastEthernet0/1                         20.10.20.3     YES NVRAM  up      up
Loopback0                               4.4.4.4        YES NVRAM  up      up

R3(config)#int f0/0
R3(config-if)#ip pim sparse-mode
R3(config-if)#
*Mar  1 00:20:12.187: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 192.168.1
30.1 on interface FastEthernet0/0
R3(config-if)#int f0/1
R3(config-if)#ip pim sparse-mode
R3(config-if)#
*Mar  1 00:20:29.331: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 20.10.20.2 UP on interface FastEth
ernet0/1
R3(config-if)#
*Mar  1 00:20:31.139: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 20.10.20.
3 on interface FastEthernet0/1
R3(config-if)#int lo 0
R3(config-if)#ip pim sparse-mode
R3(config-if)#
*Mar  1 00:20:44.087: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 4.4.4.4 o
n interface Loopback0
R3(config-if)#
R3(config-if)#exit
R3(config)#esc
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R3(config)#exit
R3#
*Mar  1 00:27:33.207: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

```

Fuente: autoría propia.

## Ilustración 35

### Verificación Comando `show ip route`

```

R3(config-if)#
R3(config-if)#exit
R3(config)#esc
  ^
% Invalid input detected at '^' marker.

R3(config)#exit
R3#
*Mar  1 00:27:33.207: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R3#show ipmroute
  ^
% Invalid input detected at '^' marker.

R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.255.255.250), 00:02:50/stopped, RP 10.10.20.2, flags: SJCF
  Incoming interface: FastEthernet0/1, RPF nbr 20.10.20.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:02:50/00:02:12

(192.168.130.3, 239.255.255.250), 00:02:47/00:00:34, flags: FT
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Forward/Sparse, 00:01:47/00:02:37

(*, 224.0.1.40), 00:07:48/00:02:03, RP 10.10.20.2, flags: SJCL
  Incoming interface: FastEthernet0/1, RPF nbr 20.10.20.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:07:48/00:02:03

R3#

```

Nota: En esta imagen podemos verificar los mensajes S, G y \*, G en las diferentes interfaces. Fuente: autoría propia.



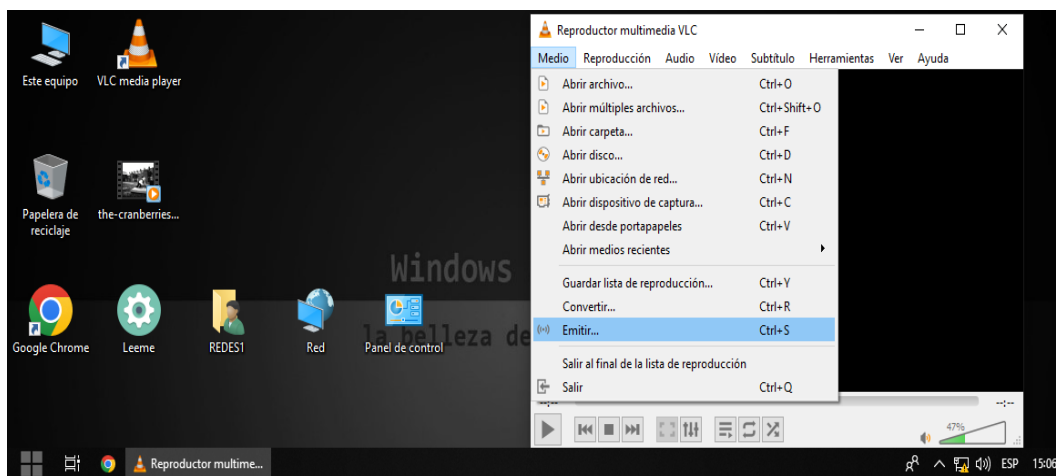
## Configuración software VLC

Para concluir, procedemos a realizar las configuraciones correspondientes en el software VLC, que nos permite emitir multimedia como un servicio tipo streaming. Es de resaltar que en ambas VM de Windows se instaló previamente el software VLC y que uno se usara como servidor (Emisor) y otro como cliente (receptor).

Configuración Servidor (emisor), para configurar el emisor, que en este caso lo usaremos como un servidor, procedemos a abrir el software VLC en nuestra VM y damos clic en “emitir”

### Ilustración 36

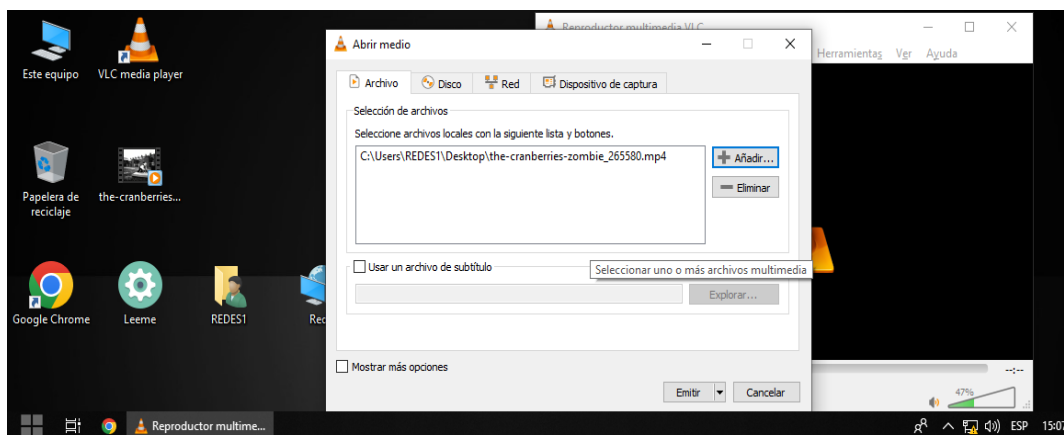
#### Configuración Emisor



Nota: En el menú de medios vamos a emitir. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 37

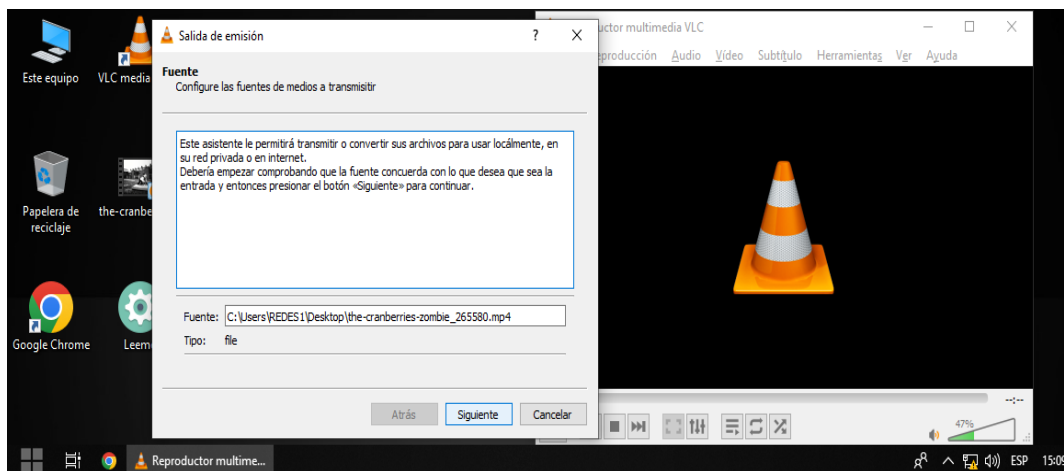
### Selección archivo multimedia



Nota: Se procede a seleccionar el archivo multimedia a transmitir y damos clic en Emitir. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 38

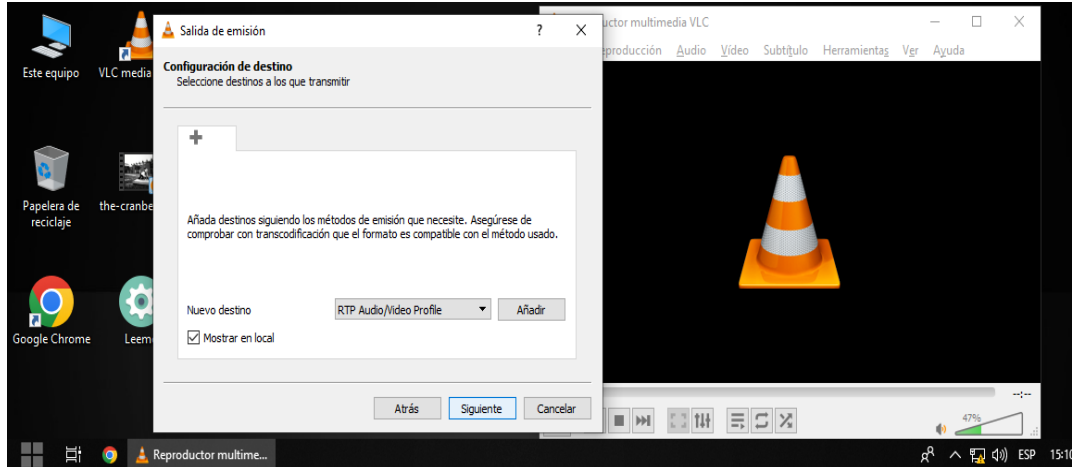
### Paso configuración VLC



Nota: Seguidamente nos muestra un cuadro de dialogo seleccionamos Siguiete. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 39

### Configuración de RTP



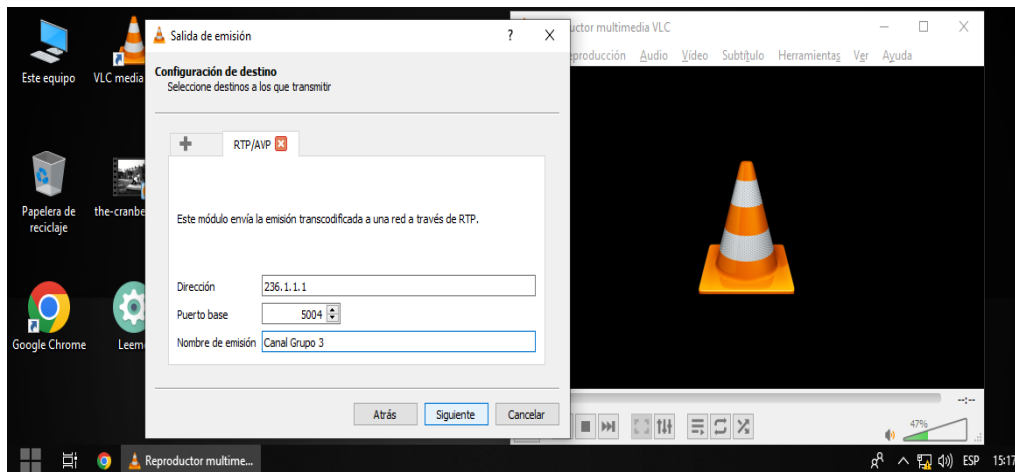
Nota: Seleccionamos el RTP o protocolo de transporte en tiempo real y activamos mostrar en local.

Seguidamente debemos ingresar la dirección IP del grupo Multicast, recordemos que esta dirección tiene una serie de restricciones. Por tal motivo se usará la dirección 236.1.1.1, usada como ejemplo en algunos tutoriales.

Finalmente, asignamos un nombre a nuestra transmisión o video, recordemos que este paso se realiza una vez damos en la imagen anterior Añadir. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 40

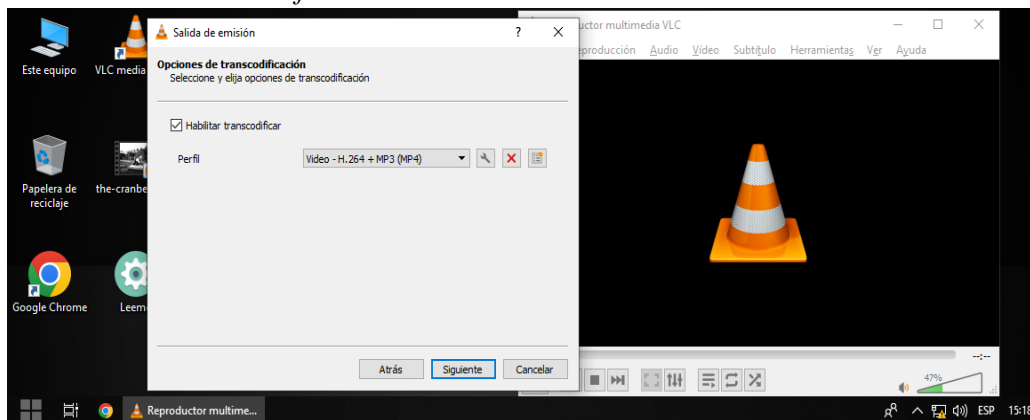
### *Direccionamiento*



Nota: Recordar el puerto que se usa ya que será requerido en la configuración del receptor o cliente. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 41

### *Habilitación transcodificación*



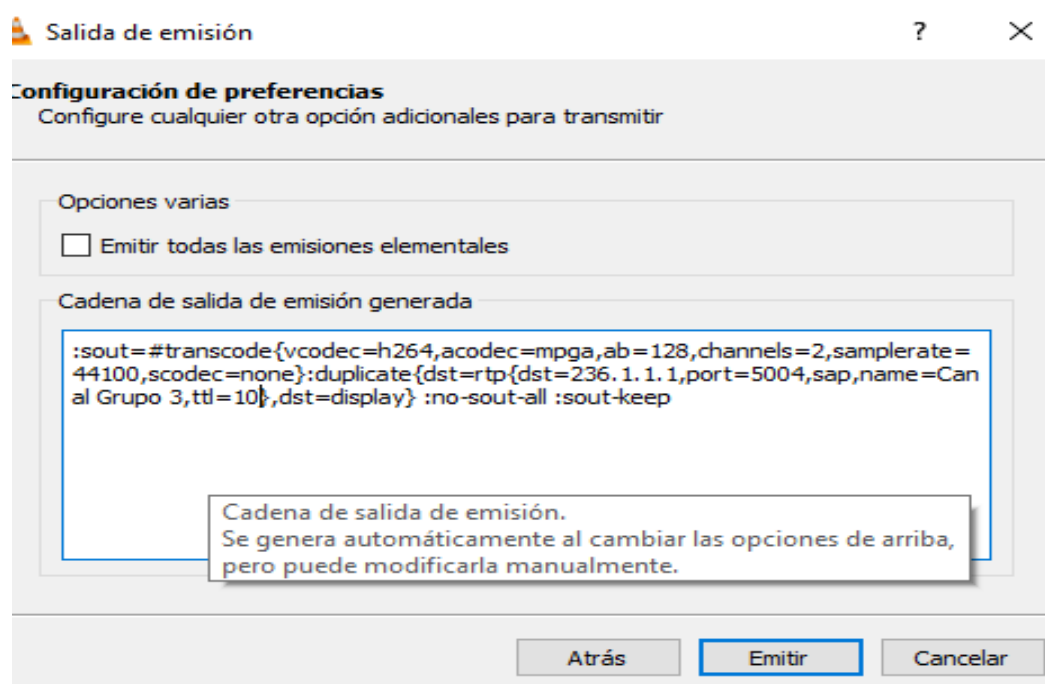
Nota: Se habilita transcodificación y se selecciona el perfil. Fuente: autoría propia.

Como paso importante, se debe aumentar el número de saltos que puede realizar VLC para llegar hasta el cliente, ya que, por defecto, este viene configurado para 1; para esto, luego del nombre del canal, se agrega, `ttl=10`, como se observa en la siguiente imagen.

### Configuración VLC

## Ilustración 42

### Configuración VLC

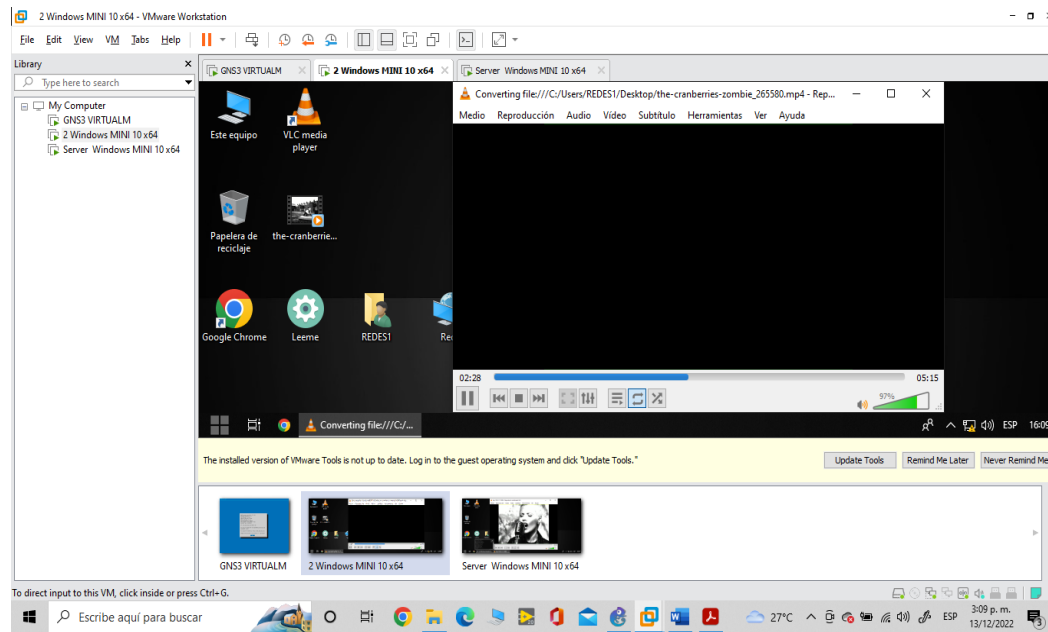


Nota: Se agrega, `ttl=10` para que la transmisión pueda llegar hasta el cliente que en este caso está en otra LAN.

Fuente: autoría propia.

## Ilustración 43

### *VLC reproducción Emisor*



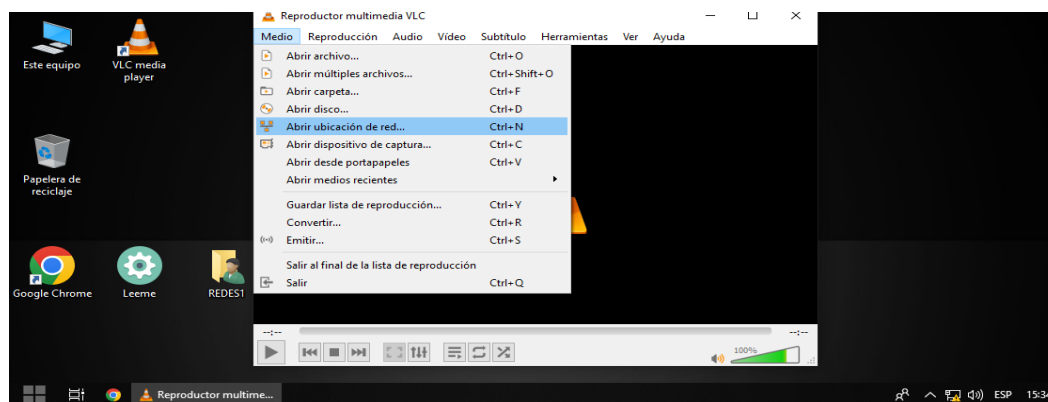
Fuente: autoría propia.

Se realiza el inicio de la emisión del archivo multimedia, se evidencia que por consumo de RAM y demás el video no se logró reproducir en el VLC del equipo de Emisión.

Configuración VLC cliente: para configurar el cliente se va al VLC del equipo cliente y se abre la pestaña medio, dando clic en abrir ubicación de red, como se observa en la imagen a continuación.

## Ilustración 44

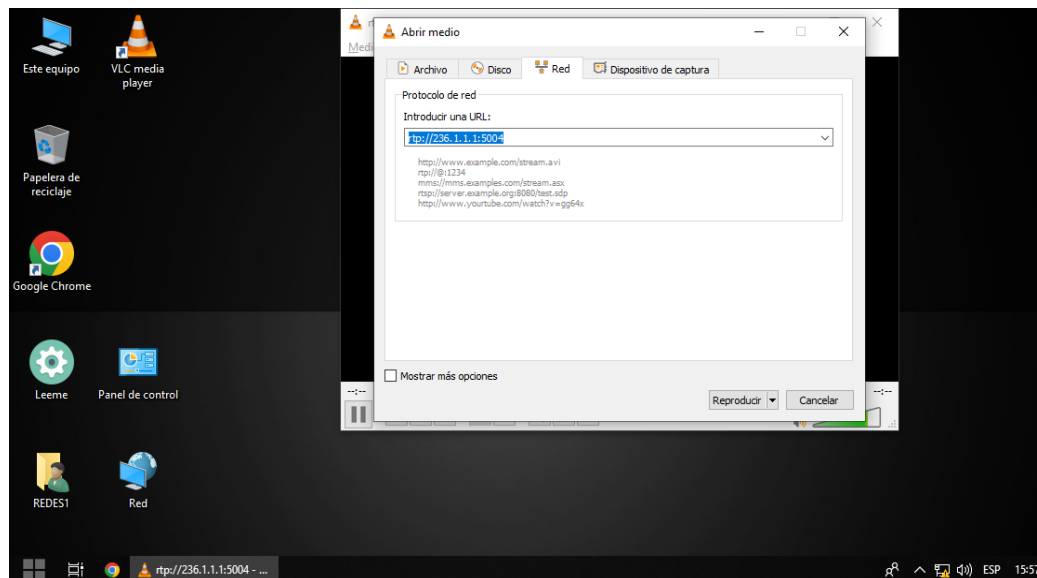
### *Configuración cliente VLC*



Nota: Se observa la configuración para el cliente. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 45

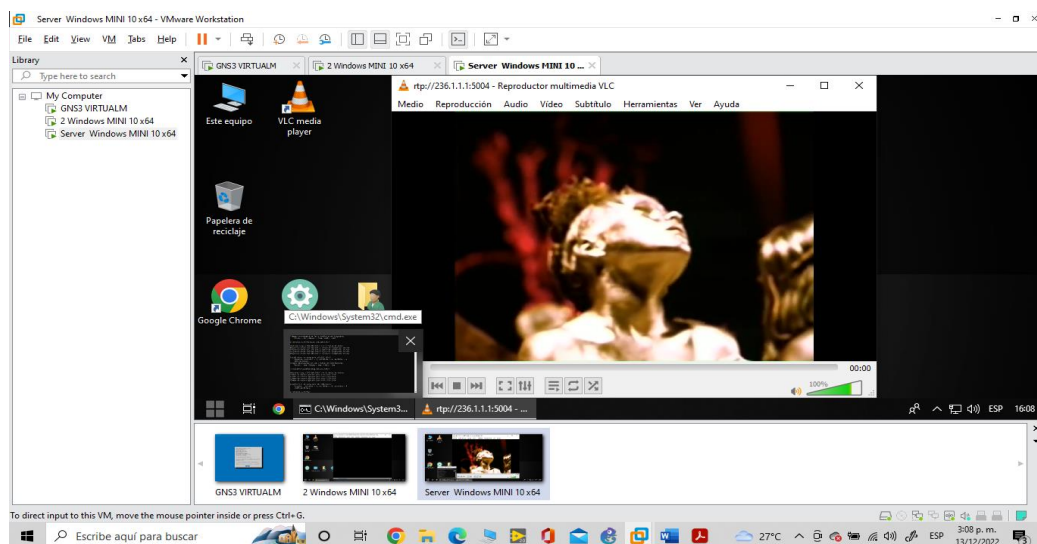
### Configuración cliente



Nota: Se debe agregar `rtsp://236.1.1.1:5004`, esto es ya que el medio de trasmisión fue el RTP el grupo o dirección IP 236.1.1.1 y el puerto 5004, los cuales se configuraron en el emisor. Fuente: autoría propia.

## Ilustración 46

### Cliente VLC recibiendo multimedia



Nota: Se observa cómo una vez se realiza las configuraciones en ambos equipos se puede recibir los datos transmitidos. Fuente: autoría propia.



## Conclusiones

Gracias a la cuarta revolución industrial o denominada el internet de las cosas, han surgido una nueva serie de sistemas que han permitido al hombre satisfacer cada una de sus necesidades. Las redes de nueva generación, han sido un elemento importante en dicha revolución y esto ha permitido que las tecnologías lleguen a más personas y se pueda tener una conexión e interacción de forma más eficiente y rápida entre ellas; no obstante, se debe seguir trabajando con el fin de cerrar cada vez más las brechas, aumentando la cobertura llegando a las comunidades menos favorecidas de la sociedad.

También es cierto que algunos sistemas por su grado de complejidad, generan que se deba contar con máquinas y equipos con alto poder de procesamiento y esto los hace más costosos. A partir de este hecho, a la hora de la implementación del sistema diseñado, se crearon una serie de conflictos entre las máquinas y no se logró el resultado esperado en su totalidad, debido a que el tiempo de transmisión es demasiado lento y en una de las ciudades se pudo evidenciar significativamente, el impacto y el retraso de los que se estaba transmitiendo; sin embargo, se configuraron los servicios multimedia en un escenario de NGN a nivel de simulación, aplicando los conceptos de arquitectura funcional, definiendo políticas de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service).

Se logró el objetivo de identificar cada una de las capas y funciones de un modelo de red, por medio de la investigación de los conceptos vigentes.

Se alcanzó el objetivo esperado, identificando los protocolos y funciones de la capa de red, mediante el uso de los principios de direccionamiento IP, enmarcados dentro de los estándares.

Se alcanzó el objetivo, identificando los protocolos de IoT (Internet Of Things), mediante la investigación de los conceptos vigentes que responden a los estándares actuales.

## Referencias Bibliográficas

- Campa, B. S. (2019, 22 de julio). OVI Direccionamiento IP: IPv4. [video]. Repositorio Institucional. UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/23491>
- Campa, B. S. (2019, 22 de julio). OVI Direccionamiento IP: IPv6. [video]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/23492>
- Castillo Medina, C., Salcedo Parra, O., & Rodríguez, F. p. (2014). A brief survey of new generation networks. *Visión Electrónica*, 8(1), pp. 194-205. <https://bibliotecavirtual.unad.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aci&AN=100142436&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Comisión de Regulación de las Comunicaciones-CRC. (2007). Estudio Integral de las Redes de Nueva Generación y Convergencia. Bogotá DC.: CRC – República de Colombia. (pp. 11, 19). [https://www.crcm.gov.co/recursos\\_user/Actividades%20Regulatorias/regulacion\\_redes/NGN-EstudioIntegral\\_DA.pdf](https://www.crcm.gov.co/recursos_user/Actividades%20Regulatorias/regulacion_redes/NGN-EstudioIntegral_DA.pdf)
- Comisión de Regulación de las Comunicaciones-CRC. (2007). Estudio Integral de las Redes de Nueva Generación y Convergencia. Bogotá DC.: CRC – República de Colombia. (pp. 10). [https://www.crcm.gov.co/recursos\\_user/Actividades%20Regulatorias/regulacion\\_redes/NGN-EstudioIntegral\\_DA.pdf](https://www.crcm.gov.co/recursos_user/Actividades%20Regulatorias/regulacion_redes/NGN-EstudioIntegral_DA.pdf)
- Comisión de Regulación de las Comunicaciones-CRC. (2007). Estudio Integral de las Redes de Nueva Generación y Convergencia. Bogotá DC.: CRC – República de Colombia. (pp. 10). [https://www.crcm.gov.co/recursos\\_user/Actividades%20Regulatorias/regulacion\\_redes/NGN-EstudioIntegral\\_DA.pdf](https://www.crcm.gov.co/recursos_user/Actividades%20Regulatorias/regulacion_redes/NGN-EstudioIntegral_DA.pdf)
- Houimli, M., Kahloul, L., & Benaoun, S. (2017). Formal specification, verification and evaluation of the MQTT protocol in the Internet of Things. 2017 International Conference on Mathematics and Information Technology (ICMIT), Mathematics and Information

ITU-T. (12 abril 2009). Functional requirements and architecture of next generation networks. (pp. 13-16). Obtenido de: Y.2012: Arquitectura y requisitos funcionales de las redes de próxima generación <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2012-201004-I/es>

Kaamboj, D., Sharma, S., & Kumar, S. (2020). A Review on IoT: Protocols, Architecture, Technologies, Application and Research Challenges. 2020 10th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), 2020 10th International Conference On, 559–564. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/Confluence47617.2020.9058228>

Ramirez, M. (2020). Evaluación de la red NGN y QoS.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/35073/lmramirezin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Technology (ICMIT), 2017 International Conference On, 214–221. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/MATHIT.2017.8259720>

UIT-T. (8 octubre 2004). UIT Recomendación Y.2011. (pp. 1-10). <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2011-200410-I/es>

UNAD (2017, 12 de mayo). Diseño y configuración de redes con Packet Tracer. OneDrive CP CCNA R&S. [video]. [https://1drv.ms/u/s!AmIJYei-NT1IhgCT9Vctl\\_pLtPD9](https://1drv.ms/u/s!AmIJYei-NT1IhgCT9Vctl_pLtPD9)

Zeadally, S., Moustafa, H., & Siddiqui, F. (2011). Internet Protocol Television (IPTV): Architecture, Trends, and Challenges. IEEE Systems Journal, Systems Journal, IEEE, 5(4), 518–527.<https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/JSYST.2011.2165601>